ИСТОРИЯ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА

HISTORY OF SOVIET ATOMIC PROJECT

ИСАП-96
ДУБНА 14-18 МАЯ 1996

HISAP'96
DUBNA 14-18 MAY 1996

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ

НАУКА И ОБЩЕСТВО: ИСТОРИЯ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА (40-е – 50-е годы)

INTERNATIONAL SYMPOSIUM

SCIENCE AND SOCIETY: HISTORY OF THE SOVIET ATOMIC PROJECT (40's – 50's)

ТРУДЫ
PROCEEDINGS

3
ТОМ
VOLUME

МОСКВА
ИздАТ
2003

ББК 6П2.8(09)
Н 90
УДК 621.039(093)

Н90 Наука и общество: история советского атомного проекта (40-е — 50-е годы)/ Труды международного симпозиума ИСАП-96.— М.: ИздАТ, 2003. — 416 с.

ISBN 5-86656-146-8

14-18 мая 1996 года в городе Дубне Московской области проходил первый международный симпозиум, посвященный истории советского атомного проекта. На симпозиуме обсуждались политические, социальные, исторические, научные, инженерные, военные, разведывательные, экологические и медико-биологические аспекты советского атомного проекта. В его работе участвовали руководители и ведущие специалисты атомной науки и техники России, зарубежные и российские эксперты, непосредственные участники советского атомного проекта.

Сборник трудов Симпозиума состоит из трех томов и содержит фактический и мемуарный материал по истории советского атомного проекта. Пленарные и секционные доклады, основные доклады, заседания «круглого стола» публикуются по текстам, предоставленным докладчиками. Выступления на открытии симпозиума, краткие выступления на «круглом столе» и заключительная дискуссия воспроизведены по фонограмме. Многие документы, результаты исследований и свидетельства участников советского атомного проекта публикуются впервые. Книга может быть полезна как для специалистов-историков, так и для широкого круга читателей. В первом томе представлены материалы пленарных заседаний, круглого стола «Атомная проблема и судьба цивилизации» и семинара памяти Н.Бора, во втором и третьем — доклады, сделанные на секционных заседаниях.

Настоящее издание частично осуществлено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда согласно проекту № 98-03-16101.

ББК 6П2.8(09)
ISBN 5-86656-146-8

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

СПОНСОРЫ СИМПОЗИУМА

- Министерство Российской Федерации по атомной энергии
- Министерство науки и технической политики РФ
- Российская академия наук
- Российский научный центр «Курчатовский институт»
- Объединенный институт ядерных исследований (Дубна)
- Российский гуманитарный научный фонд
- Российский фонд фундаментальных исследований

- АБ «Инкомбанк»
- АООТ «РЕЛКОМ»
- Ассоциация «RELARN»
- Клубный журнал «БИЗНЕС-МАТЧ»
- ЗАО «Конверсбанк»
- Федерация «Мир и согласие»
- Ядерное общество России

ПОЧЕТНЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТНИКОВ

Осипов Ю.С.	Россия
Салтыков Б.Г	США
Сиборг Г.Т.	США
Теллер Э.	США
Харитон Ю.Б.	Россия

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели	Михайлов В.Н. —	Министр РФ по атомной энергии
	Велихов Е.П. —	Президент Российского научного центра «Курчатовский институт»
Заместители сопредседателей	Рябев Л.Д. —	Первый заместитель министра РФ по атомной энергии
	Черноплеков Н.А. —	Председатель ученого совета Российского научного центра «Курчатовский институт»

Аврорин Е.Н.	Россия	Карелин А.И.	Россия
Адамский В.Б.	Россия	Орел В.М.	Россия
Альтшулер Л.В.	Россия	Петров Р.В.	Россия
Барковский В.Б.	Россия	Решетников Ф.Г.	Россия
Визгин В.П.	Россия	Трутнев Ю.А.	Россия
Гинзбург В.Л.	Россия	Озеруд Ф.	Дания
Головин И.Н.	Россия	Пестр Д.	Франция
Гольданский В.И.	Россия	Уолкер М.	США
Джелепов В.П.	Россия	Хейнеман-Грудер А.	Германия
Замышляев Б.В.	Россия	Холлоуэй Д.	США
Ильин Л.А.	Россия	Яноух Ф.	Швеция — Чехия
Кадышевский В.Г.	Россия		

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели
Бабаев Н.С. — Министерство РФ по атомной энергии
Гапонов Ю.В. — Российский научный центр «Курчатовский институт»
Сисакян А.Н. — Объединенный институт ядерных исследований (Дубна)

Рабочая группа Москва	Рабочая группа Объединенный институт ядерных исследований (Дубна)	Группа представителей	
Бондарев Н.Д.	Жабицкий В.М.	Гончаров Г.А.	Михайлин В.В.
Ветлова Т.Д.	Король А.П.	Замятнин Ю.С.	Новиков В.М.
Дровеников И.С.	Лощилов М.Г.	Зельдович О.Я.	Рубинин П.Е.
Ковалева С.К.	Малов Л.А.	Ивановская И.Н.	Селинов И.П.
Линде Ю.В.	Медведь К.С.	Ильенко Е.И.	Сойфер В.Н.
Смородинская Н.Я.	Романов А.И.	Круглов А.К.	Якимов С.С.
Соколовский Л.Л.	Варденга Г.Л.	Крюков С.В.	
Бруданин В.Б.	Гайнуллин Р.З.	Кудинова Л.И.	

Группа подготовки публикаций и выставки
Иойрыш А.И., Малкин Г.Г., Нехорошев Ю.С., Попов В.К., Ткач К.Г.

Пресс-центр Симпозиума — Клубный журнал «БИЗНЕС-МАТЧ»,
руководитель — Бердичевская А.Л., главный редактор журнала.

Секретари — Бородкина Т.А., Петровская Т.П.

Ученый секретарь Симпозиума — Инжечик Л.В., Российский научный центр «Курчатовский институт»

РАСПИСАНИЕ РАБОТЫ СИМПОЗИУМА

	9-30 ÷ 11-15	11-30 ÷ 13-15	15-00 ÷ 17-00	17-15 ÷ 19-00
14.05	9-00 Открытие. Пленарное заседание 1	Пленарное заседание 1	Секция 1	Секция 1
			Секция 2	Секция 2
			Секция 3	Секция 4
15.05	Пленарное заседание 2	Пленарное заседание 2	Секция 2	Секция 2
			Секция 3	Секция 3
			Секция 4	Секция 4
16.05	Пленарное заседание 3	Пленарное заседание 3	Секция 5	Секция 5
			Секция 6	Секция 6
			Секция 7	Секция 7
17.05	Пленарное заседание 4	Круглый стол	Секция 7	Секция 7
			Семинар памяти Н. Бора	Семинар памяти Н. Бора
18.05	Заключительная дискуссия	Закрытие. Пресс-конференция		

Тематика заседаний

Пленарное заседание 1 — Начало советского атомного проекта
Пленарное заседание 2 — Создание технологической и промышленной базы проекта
Пленарное заседание 3 — Создание советского ядерного оружия
Пленарное заседание 4 — Физика, техника, экономика

Круглый стол — Атомная проблема и судьба цивилизации

Секция 1 — Первая стадия проекта
Секция 2 — Мемуары к истории проекта
Секция 3 — Создание промышленных технологий
Секция 4 — Ядерное оружие
Секция 5 — Невоенные аспекты проекта
Секция 6 — Экология, биология и проблемы безопасности
Секция 7 — Политические и социальные аспекты проекта

Семинар памяти Н. Бора (к 110-летию со дня рождения)

Секционные доклады
Часть II

Приложения

СЕКЦИЯ 5
НЕВОЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА

Ведущий — В.В. Михайлин **Ученый секретарь — Г.Г. Малкин**

ХАРУЭЛЛСКАЯ ЛЕКЦИЯ КУРЧАТОВА

Головин И.Н.

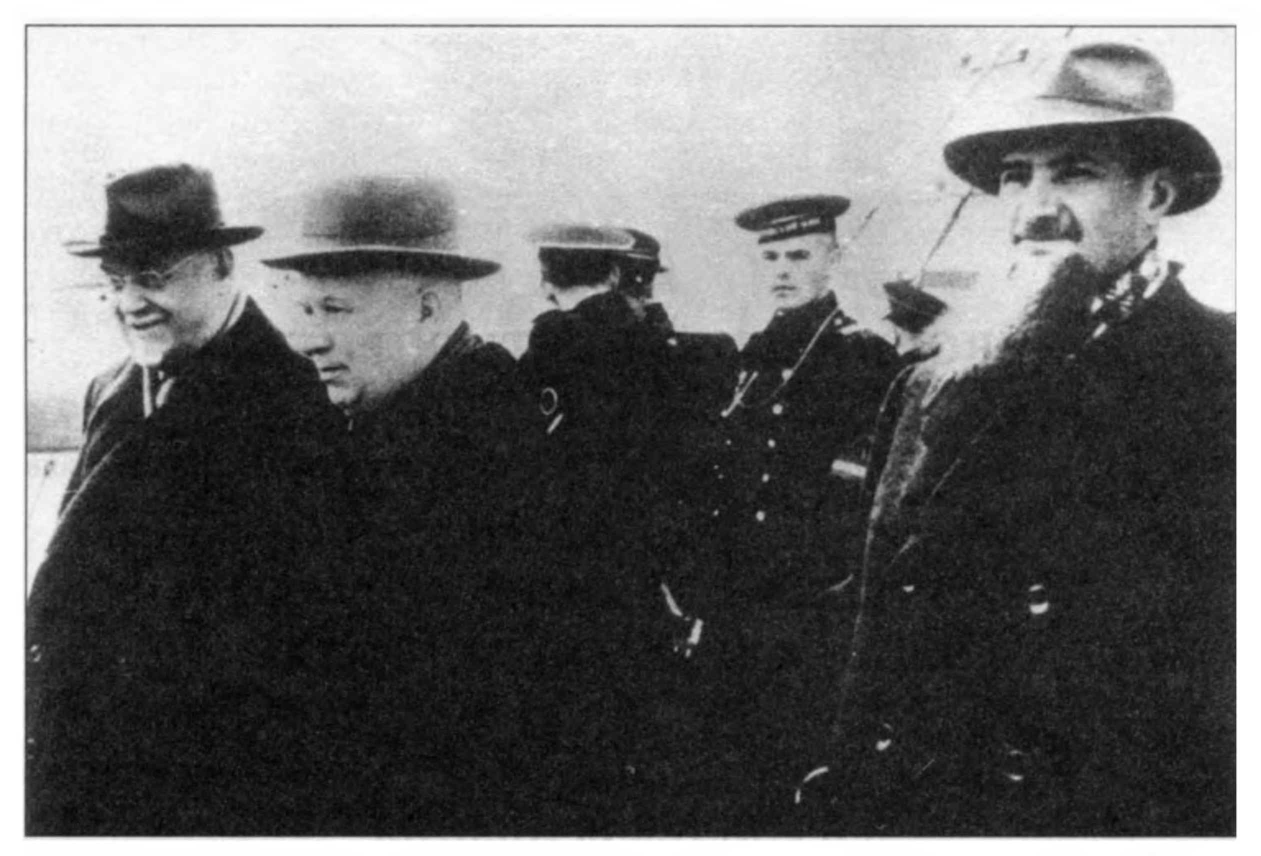
ХАРУЭЛЛСКАЯ ЛЕКЦИЯ

Н.С. Хрущев совершил то, что было невозможно в годы правления Ленина и Сталина. Следуя по пути укрепления мира и дружбы между народами, глава советского государства поехал сначала в Югославию, затем в страны Азии, а в апреле 1956 г. в сопровождении Н.А. Булганина, И.В. Курчатова и А.Н. Туполева прибыл на крейсере «Орджоникидзе» в Лондон. Приезд такой делегации был из ряда вон выходящим событием в мировой политической жизни тех лет.

Это стало сенсацией еще и потому, что после 15 лет отсутствия имени Курчатова в научной литературе и на страницах широкой печати он был вдруг «рассекречен» и предстал перед мировой общественностью научным руководителем атомной программы СССР.

С первых дней англичане поняли, что Курчатов наделен большими полномочиями. Сэр Джон Кокрофт, физик со всемирной известностью, лауреат Нобелевской премии, а в то время глава английской атомной программы, написал позже, вспоминая об этой встрече с Курчатовым, что на него произвели большое впечатление его живой ум и страстность в разговорах о сотрудничестве в области атомной энергии.

«У нас с ним, — делился впечатлениями Кокрофт, — была очень оживленная дискуссия на ступенях клуба «Атенеум» в Лондоне, в своих предложениях Курчатов шел так далеко, что я не мог ответить взаимностью и не имел никакого представления о том, как продолжать эту дискуссию. Он предложил прочитать лекцию в Харуэлле, и я согласился договориться об этом».



Н.А. Булганин, Н.С.Хрущев и И.В. Курчатов на пути в Англию. Апрель, 1956 г.

Когда делегация во главе с Хрущевым посетила Харуэлл — секретный атомный научный центр Англии — и ее повели по лабораториям, Курчатов, знакомясь с экспериментальными установками, стал очень активно расспрашивать своих английских коллег. Тогда же он назвал темы двух докладов, с которыми хотел бы выступить, когда посетит Харуэлл второй раз. Один доклад он предполагал посвятить планам развития атомной энергетики в СССР, а второй — проводимым в его институте исследованиям возможности возбуждения управляемой термоядерной реакции в газовом разряде. Тематика первого доклада уже затрагивалась на прошедшей в Женеве в 1955 г. Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Вторая область работ в Англии была тогда полностью засекречена, и предложение Курчатова смутило англичан. Их обеспокоило, что он будет задавать вопросы, на которые они не имеют права отвечать по соображениям секретности. Чтобы не испортить дружелюбного тона встречи, они решили пойти на маленькую хитрость и срочно отправили Кокрофта в Австралию к дочери, якобы заболевшей. Сотрудники же менее высокого ранга могли сослаться на неосведомленность.

Второй визит Курчатова в Харуэлл состоялся 25 апреля. Он приехал, как и в первый раз, с сотрудником своего института Е.В. Пискаревым, родившимся в Нью-Йорке и безупречно знавшим английский язык. К тому же он вел в институте термоядерные эксперименты и профессионально знал содержание второго доклада, что помогло ему блестяще переводить речь Курчатова на английский.

В конференц-зале Харуэлла собралось около трехсот ученых. Присутствовали также корреспонденты английских и американских газет. Первый доклад был выслушан спокойно. Когда Курчатов перешел ко второму, английские физики поняли, что речь идет о серьезных исследованиях, ведущихся под руководством академиков Л.А. Арцимовича и М.А. Леонтовича и выходящих порой за пределы того, что удалось выполнить в Харуэлле. Курчатов рассказал об экспериментах по быстрым пинчевым разрядам в разреженном водороде и в дейтерии, о достигнутой в них температуре плазмы в миллион градусов, о теории М.А. Леонтовича и С.М. Осовца, правильно описавшей осциллограммы с особенностями, которые Курчатов показал на экране. Объяснил, что такая высокая температура достигнута в результате хорошей термоизоляции плазмы от стенок с помощью магнитного поля. (На это впервые указали еще в 1950 г. академики А.Д. Сахаров и И.Е. Тамм, развившие тогда же убедительное теоретическое обоснование снижения теплопроводности и диффузии в плазме поперек магнитных силовых линий и рассчитавшие условия осуществления самоподдерживающейся реакции термоядерного управляемого, спокойно протекающего синтеза). Сказал о нейтронах, впервые наблюдавшихся в 1952 г. Н.В. Филипповым с сотрудниками при разрядах в дейтерии. Показал полученные В.С. Комельковым скоростные фотоснимки процесса сжатия и радиальных колебаний плазменного столба.

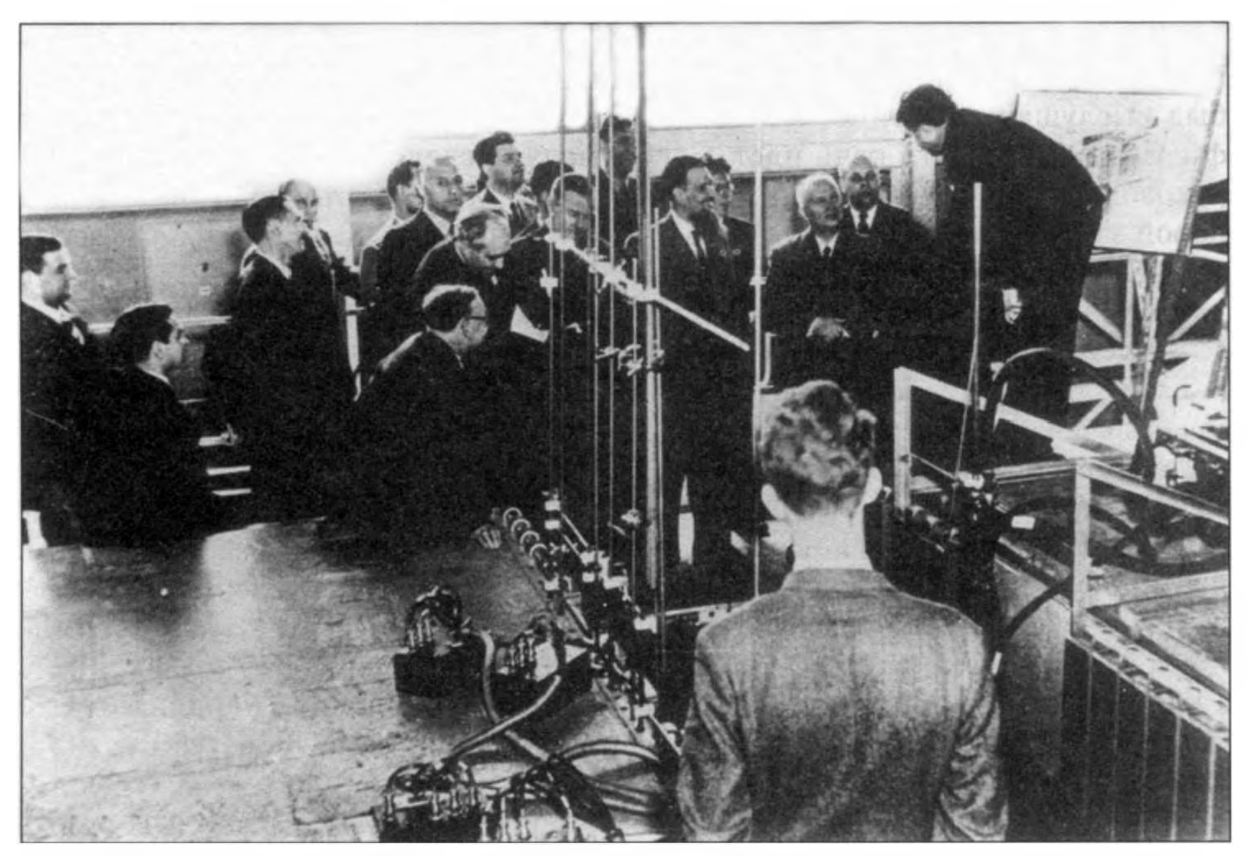
В конце доклада Курчатов сказал, что, кроме быстрых импульсных разрядов, необходимо «тщательно изучить и другие варианты решения задачи. Значительный интерес представляют стационарные процессы ...». Курчатов не задавал никаких вопросов, а сам рассказывал о достижениях своего коллектива и в конце речи призвал снять завесу секретности со всех работ, не имеющих никакого отношения к оружию, и вести совместные исследования «этой величественной проблемы на благо людей. Проблемы, решение которой принесет в их жилища свет и тепло».

Курчатов кончил. Слушатели устроили ему овацию ...

В последующие дни английские и американские газеты были полны сенсационных сообщений о Курчатове и о его докладах. Одна из них назвала его второй доклад «самым важным заявлением об использовании термоядерной энергии в целях мира, сделанных когда-либо».

Вести о сенсации, вызванной докладом Курчатова, дошли до нас раньше, чем делегация возвратилась на Родину. Нас, физиков, они обрадовали. Но кое-кого из администрации прежнего Первого главного управления, превратившегося в конце 1953 г. в Минсредмаш, встревожили. Было написано письмо в ЦК КПСС о том, что Минсредмаш не давал разрешения на речь Курчатова. Но ведь Хрущев для пропаганды миролюбивой политики Советского Союза сам одобрил ее!

И результаты призыва Курчатова начать совместную работу быстро последовали. Через три месяца академик Л.А. Арцимович и автор этих строк получили приглашение в Швецию и сделали в Стокгольме на астрономическом симпозиуме сверх его программы еще два доклада о работах по управляемому термоядерному синтезу, выполненных в институте, руководимом Курчатовым.



И.В. Курчатов и Н.С.Хрущев в атомном центре в Харуэлле. Англия. Апрель, 1956 г.

Английские физики Р.С. Пиз и П. Тонеман, узнав о предстоящих сверхпрограммных выступлениях, немедленно вылетели с переводчиком в Стокгольм, успели их заслушать и, хотя сами не выступили с докладами, активно участвовали в дискуссии. Осенью 1956 г. руководимый Курчатовым институт получил, наконец, несекретное название «Институт атомной энергии» и принял первого иностранного гостя — знаменитого шведа Х. Альфвена, вскоре получившего Нобелевскую премию за исследования в области магнитной гидродинамики и ее применения в астрофизике. Летом 1957 г. в Венеции на конференции по газовым разрядам американские и английские физики сделали несколько докладов, касающихся нагрева плазмы газового разряда в магнитном поле с целью возбуждения термоядерных реакций. Наши физики возвратились с впечатлением, что в США эти работы разворачиваются гораздо шире, чем у нас.

Лед тронулся! Программы по управляемому термоядерному синтезу (УТС) в СССР, Англии и США полностью рассекречиваются, и в августе 1958 г. на Второй Женевской международной конференции по мирному использованию атомной энергии эти три страны представляют десятки докладов по теоретическим и экспериментальным исследованиям возможности осуществления УТС. Конференция побуждает многих ученых Европы, Японии, Австралии включиться в эту новую область науки.

До Харуэлла исследования по УТС вел в нашей стране только институт Курчатова, но, уже готовясь к выступлению в Харуэлле, Курчатов делает первые

шаги по вовлечению в эту тематику Харьковского, Ленинградского, Сухумского физико-технических и других институтов. А после «Второй Женевы» помогает Г.И. Будкеру построить самый крупный в новосибирском Академгородке институт. В нем, наряду с развитием новых ускорителей и физикой элементарных частиц, Будкер развернул теоретические и экспериментальные исследования предложенных им открытых магнитных ловушек — основной альтернативы сахаровским тороидальным ловушкам. Одновременно Курчатов сильно расширяет термоядерные работы у себя. Строит большую открытую ловушку с загадочным названием «ОГРА» для получения ионногорячей плазмы инжекцией быстрых молекулярных ионов водорода на основе идеи, предложенной Будкером, привлекает к термоядерной тематике академиков Е.К. Завойского и И.К. Кикоина.

Через год после «Второй Женевы» по инициативе крупного астрофизика США Л. Спитцера, «отца» стеллараторов, создается международный журнал «Nuclear Fusion», издаваемый МАГАТЭ в Вене. Управляемый термоядерный синтез превращается в дело жизни тысяч ученых и инженеров во всем мире. Международные, европейские и национальные конференции, сначала только по физике УТС, потом по технике экспериментов, а с 1970 г. — по термоядерным реакторам, становятся местом регулярных встреч участников этой программы. И, наконец, в 80-х годах возникает инициированный академиком Е.П. Велиховым уникальный международный коллектив из физиков и инженеров США, Западной Европы, Советского Союза и Японии, разрабатывающий проект ITER — Международного термоядерного экспериментального реактора, который воплощает идею Сахарова о тороидальном магнитном термоядерном реакторе (МТР), сформулированную им вместе с И.Е. Таммом в 1950 г.

Экспериментальные исследования возможности осуществления сахаровского варианта термоядерного реактора, начатые И.Н. Головиным и Н.А. Явлинским с молодыми сотрудниками в 1954 г., позволили впервые получить устройство, удерживающее магнитным полем плотную плазму с необычайно высокой для того времени температурой. Экспериментальным установкам такого типа в 1958 г. дали имя «Токамак». Развитые под руководством Арцимовича эксперименты на усовершенствованных токамаках привели в 1968 г. к выдающимся результатам и принесли токамакам мировое первенство среди других вариантов термоядерных реакторов.

ДОРОГА К ХАРУЭЛЛУ

Мы жили тогда в период создания и испытания термоядерных сверхбомб, но ничего не знали о них из-за строгой секретности. Лишь немногие, прежде всего создатели этого страшного оружия, вскоре поняли, что мы живем на крутом повороте истории, который требует глубокого изменения морали общества, изменения политики, когда конфликты и противостояния идеологий, религий, партий, революции и войны становятся смертельно опасными для всего человечества. Великие плоды науки привели тогда к необходимости выбора: или благополучная жизнь, или гибель всего многомиллиардного человечества, к которой может привести не только безумие диктатора или террориста,

но и несанкционированный пуск одной из многочисленных ракет с термоядерными зарядами, нацеленных сверхдержавами друг на друга. Поддержание хрупкого равновесия в мире, эволюционное развитие общества стали условием существования самого общества.

История управляемого термоядерного синтеза неразрывно связана с историей создания атомного и водородного оружия, с историческими и политическими событиями тех лет. А начиналось так.

В конце декабря 1942 г., во время тяжелейшей Сталинградской битвы, поворотной в ходе Великой Отечественной войны, Курчатов был вызван из Казани в Москву (согласно легенде, не подтвержденной пока документами) для встречи со Сталиным. Сталин якобы сказал ему:

— Мы подумали, посовещались и решили назначить вас научным руководителем проекта создания урановой бомбы.
— Это очень ответственно, дайте обдумать, — ответил Курчатов.
— Обдумайте, — решил Сталин, — срок – три дня.

Курчатов немедленно уехал обратно.

Мы никогда не узнаем, о чем думал Курчатов в ту ночь по возвращении в Казань. Он не прилег до утра, а ходил, сосредоточенно думая, взад и вперед по комнате, в которой жил с женой в эвакуации. Что волновало его? Сложность и ответственность задачи? Вопросы морали? Он ведь знал уже от Ю.Б. Харитона, что по расчетам мощность урановой бомбы должна в тысячи или десятки тысяч раз превышать мощность самой большой авиабомбы, применявшейся тогда в войне. Понимал, что это станет оружием массового уничтожения. Он, с увлечением занятый мирными исследованиями атомного ядра, а с первых дней войны (вместе с А.П. Александровым) все свои силы отдававший спасению жизней людей — защите моряков от подрыва кораблей на минах врага, — должен теперь превратиться в создателя чудовищного оружия разрушения и смерти. Думал ли он и о защите беспощадной диктатуры, принесшей так много страданий невинным жертвам? Об этом мы ничего не знаем.

Став научным руководителем атомного проекта, Курчатов, видимо, никогда в личных беседах не говорил о политике. Во всяком случае, ни я, ни кто-либо из его окружения не слышали от него политических суждений, кроме официальных речей с трибуны. Но то особый вопрос. Для него всегда на первом месте было дело, решение главных научных и технических задач, конкретное созидание, которым он подчинял все свои действия. Однако он всегда оставался заботливым и внимательным к работающим вместе с ним людям, помогал им и всегда бережно относился к их человеческому достоинству.

На следующий день после приезда в Казань Курчатов долго обсуждал беспокоившие его вопросы со своим другом А.П. Александровым. И бесповоротно решил: согласиться возглавить работы по созданию атомной бомбы.

Последовали годы напряженнейшего труда, взявшего все его силы и сократившего ему жизнь. Совместной работы с физиками, инженерами, министрами, рабочими, учеными многих специальностей. На совещаниях, в лабораториях, на стройках, полигоне, ночных заседаниях в Кремле, часто у Берии, изредка у Сталина. Все скорее, скорее, скорее, под тяжелым прессом тревоги о

возможной страшной беде в случае неудачи, и так до первого взрыва атомной бомбы на Семипалатинском полигоне 29 августа 1949 г.

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ НАЧИНАЕТ РАБОТАТЬ НА МИР

В.И. Меркин, близкий помощник Курчатова, многие годы чуть ли не ежедневно работавший с ним над проектами атомных реакторов, вспоминает, как в беседах с глазу на глаз Курчатов с самого начала работы часто делился мыслью о том, что прежде всего надо сделать «урановый котел», как тогда называли реактор. Ибо от «котла» можно получать пар для турбины, а значит, и электроэнергию. И это будет прекрасно! Но в докладах Сталину он не упоминал об этом, а отстаивал реактор как наиболее надежный и короткий путь к плутониевым зарядам атомных бомб. Второй путь — разделение изотопов урана — он считал резервным, более сложным и долгим и едва ли способным приносить пользу людям.

В 1948 г., т. е. еще до испытания первой бомбы, Курчатов с А.П. Александровым обсудили возможность создания небольшого охлаждаемого гелием реактора для получения электроэнергии. В том же году Александров начал проектировать его.

Сейчас трудно установить, обращался ли тогда Курчатов в правительство с предложением построить небольшую атомную электростанцию, но Александров мне говорил, что Берия запретил ему до испытания бомбы начинать проект даже атомной подводной лодки, столь важной для вооружения флота. Однако уже в сентябре 1949 г., менее чем через месяц после взрыва первой бомбы, Сталин подписал подготовленный Курчатовым проект Постановления правительства о сооружении первой в мире атомной электростанции, и эта станция, как известно, была введена в строй летом 1954 г. в Обнинске.

Вскоре после начала работ по атомной электростанции, а именно летом 1950 г., возникла идея о методе возбуждения не взрывной, а управляемой термоядерной реакции как источника энергии для мирного ее использования.

Не могу забыть тот восторг, с которым Курчатов встретил предложение Сахарова и Тамма в конце 1950 г. о магнитном термоядерном реакторе — МТР. В тот период в Арзамасе-16 у Харитона шла напряженная работа по проектированию первой в мире водородной бомбы и развитию вариантов плутониевых и урановых бомб. Несмотря на загрузку работой над бомбами, Курчатов ежедневно уделял время МТР, пропагандируя в правительственных кругах необходимость организации исследований по управляемому термоядерному синтезу. Привлекая теоретиков и экспериментаторов к работе над этим вопросом, он готовил проект Постановления правительства по проблеме МТР. Когда, наконец, 5 мая 1951 г. Сталин подписал Постановление, в котором проблема управляемого термоядерного синтеза была включена в число важнейших государственных задач, и когда Курчатов убедился, что начало экспериментов обеспечено и дело пойдет и без его ежедневного внимания, он вновь целиком занялся бомбами.

ИСПЫТАНИЕ ВОДОРОДНЫХ БОМБ

Тем временем поступали сообщения о новых американских атомных взрывах на островах Тихого океана. А в Арзамасе-16 Сахаров с сотрудниками успешно вели расчеты термоядерной бомбы, и Курчатов все больше времени проводил там. Но, возвращаясь в Москву, он тотчас же шел в лаборатории своего института, начавшие эксперименты по нагреву плазмы газового разряда с целью возбуждения управляемого термоядерного синтеза.

Наступило 12 августа 1953 г. В этот день на том же Семипалатинском полигоне под руководством Курчатова состоялось испытание первой в мире термоядерной бомбы — «слойки» Сахарова. Успех был полный. Мощность ее была в 20 раз больше мощности плутониевой бомбы, взорванной в 1949 г., но мы уже знали, что 1 ноября 1952 г. на острове Тихого океана американцы осуществили наземный взрыв, превосходивший сахаровский раз в 25. Сахаровская «слойка» в бомбовом исполнении такую мощность обеспечить не могла, и нужна была новая идея. За несколько месяцев «терпения мысли, направленной в одну сторону» [1], Сахаров вместе с Я.Б. Зельдовичем, Ю.А. Романовым, Ю.А. Трутневым и привлеченной ими молодежью родили новый принцип конструирования водородной бомбы, названный Сахаровым «третьей идеей». Последующие месяцы творчества конструкторов материализовали идею, создав авиабомбу. Осенью 1955 г. она была готова к испытанию. По расчетам теоретиков, выполненным в последующие годы, мощность такой сверхбомбы можно было наращивать неограниченно, хоть до миллиарда тонн эквивалентного заряда тротила, лишь умеренно поднимая ее стоимость. Курчатов неотступно следил за развитием «третьей идеи», защищал «в верхах» ее срочную реализацию, несмотря на то, что она выходила за пределы программы, утвержденной правительством, и разрабатывалась порой даже в ущерб этой программе. Было решено испытать бомбу, сбросив с самолета на Семипалатинском полигоне. Курчатов опять был назначен руководителем испытания. Сброс бомбы с самолета должен был состояться 20 ноября. Но когда самолет поднялся в воздух, плотные облака закрыли цель, что мешало точным оптическим измерениям мощности взрыва. Сбросить бомбу было нельзя, а единственная посадочная полоса, к тому же короткая, способная принять тяжелый бомбардировщик, имелась только на аэродроме Семипалатинска, и в случае взрыва при посадке город мог сильно пострадать. Военное командование на полигоне растерялось. Курчатов, посоветовавшись с Сахаровым и Зельдовичем, взял всю ответственность на себя. Потребовав задержать бомбардировщик в воздухе, он помчался в автомашине на аэродром и, прибыв туда, вызвал самолет на себя. Посадка прошла благополучно. Курчатов поздравил под крылом самолета командира и экипаж с благополучным приземлением.

Через двое суток, 22 ноября 1955 г., небо было ясное, и бомба была сброшена с самолета. Разрушения, вызванные излучением и ударной волной, зданий и других инженерных сооружений, которые специально были построены

[1] Так определял в свое время Исаак Ньютон понятие «гений»!

в качестве мишеней на полигоне, оказались ошеломляющими. Омрачили успех две человеческие жертвы. А ведь заряд уменьшили до полутора мегатонн, чтобы сохранить бомбардировщик, сбросивший бомбу. Технические и стратегические достижения были громадны, они определили программу дальнейших работ Арзамаса-16 и Челябинска-70 на последующие годы.

Маршал М.И. Неделин возглавлял военных, участвовавших в испытании на полигоне. Вечером того же дня он пригласил к себе в домик Курчатова, Харитона, Сахарова и некоторых других — всего человек десять — и за праздничным столом предложил Сахарову произнести первый тост. Взяв бокал, Сахаров встал и произнес примерно следующее: «Я предлагаю выпить за то, чтобы наши изделия и впредь взрывались так же успешно, как сегодня, – над полигонами, и никогда — над городами».

Неделин усмехнулся, тоже поднял бокал и произнес скабрезный тост, смысл которого был таков: вы, мол, — ученые, инженеры, рабочие — изобретайте и делайте оружие, а мы, находящиеся на вершине военной и политической власти, будем без вашего контроля решать, где и для чего его употреблять.

Тост Неделина, как вспоминал Сахаров, оставил у него «на много лет ощущение удара хлыстом. Все тогда в комнате замерли. Затем заговорили неестественно громко ...»

Впечатления от испытания самого страшного оружия в истории человечества и этот тост изменили ход мыслей и действий Сахарова и Курчатова, — но по-разному. Сахаров, с одной стороны, видимо, по молодости увлеченный своими успехами (ему было всего 34 года) и, с другой, убежденный в необходимости паритета в вооружениях СССР и США, продолжал совершенствовать оружие. Но все сильнее его стали мучить вопросы морали, приведшие его лет через десять к участию в движении в защиту прав человека. Курчатов же сразу определил для себя как самое главное работы по мирному использованию энергии атомного ядра и деятельность по восстановлению научных контактов с учеными разных стран, прерванных войной и сталинской политикой изоляции.

С полигона Курчатов вернулся в Москву подавленным. В день возвращения он долго беседовал с А.П. Александровым. Содержание их беседы нам не известно, и Александров донес до нас только заключение Курчатова: «Это оружие никогда не должно быть применено».

Через день он посетил лаборатории, развивавшие в его институте исследования по МТР, и ушел неудовлетворенным. Слишком рассеялось, по его мнению, внимание в разные стороны от основной цели. Исследования предложенной Сахаровым модели тороидального реактора велись только на единственной установке «ТМП» (тороид с магнитным полем) Явлинским и мною с сотрудниками. Направленность ряда других экспериментов была, по его мнению, нечеткой — не фундаментальные исследования и не реакторные вопросы.

Вскоре Курчатов позвал меня к себе в домик на территории института и, бродя со мной по дорожкам сада, стал размышлять о положении работ в «термояде». Он говорил, что авиация, например, развивалась вместе с газодинамикой и пользовалась плодами работ великих талантов, а наука о термоядерной плазме находится еще только в зачаточном состоянии, и на создание ее не

хватит не только сил одного нашего института, единственного в стране ведущего исследования по МТР, но и всех институтов Советского Союза. Подчеркнул, что это проблема международного масштаба и необходимо сотрудничество в ней ученых всего мира.

Через несколько дней по пути в Минсредмаш Курчатов рассуждал о том, как Г.Н. Флерова увлекли задачи синтеза далеких трансуранов. Эта работа достойна поддержки, но мала для нашего института, и Флерову будет лучше выполнять ее в Дубне, а «термояд» должен превратиться в главную нашу научную задачу. Урановые реакторы мы уже научились строить, плутония и трития для бомб промышленность производит достаточно, и в отличие от того, что думали вначале, для их производства МТР не нужен. Термояд надо развивать как неисчерпаемый источник энергии для мирных целей. Несомненно, подобные беседы он вел со многими и, слушая мнения собеседников, формировал свои планы.

Еще через несколько дней он вызвал меня в свой рабочий кабинет и сказал, что намерен собрать два больших совещания. Одно — по обсуждению постройки ускорителей, другое — по МТР. Результатом первого было создание в Дубне во главе с Флеровым Института ядерных проблем с циклотроном, ускоряющим многозарядные ионы для получения далеких трансуранов, и постройка в нашем институте электронного ускорителя для нейтронного селектора с целью детального измерения сечений взаимодействия нейтронов с атомными ядрами, важных и для проектирования реакторов атомных электростанций, и для фундаментальных исследований атомного ядра.

Второе совещание было по существу первой всесоюзной конференцией по МТР, работы по которому велись тогда строго секретно. Оно собрало очень широкий круг участников: впервые на обсуждение МТР прибыло около двухсот человек. Кроме нескольких десятков физиков, работавших в институте под руководством Арцимовича и Леонтовича, он пригласил наших теоретиков и экспериментаторов, занятых атомным ядром и разделением изотопов. Впервые были приглашены физики Ленинградского и Харьковского физико-технических институтов, сотрудники ФИАНа, а также участвовавшие в создании только что испытанной сверхбомбы наиболее активные физики Арзамаса-16 и сотрудники Института прикладной математики в Москве. Кроме того, Курчатов пригласил сотрудников Минсредмаша и аппарата Совета Министров, от которых зависела реализация постановлений правительства по МТР.

Курчатов еще до Харуэлла передал заботы по созданию атомных подводных лодок и ледоколов в надежные руки А.П. Александрова, а все свои силы, авторитет и энтузиазм после того самого 22 ноября 1955 г. направил на атомные электростанции, управляемый термоядерный синтез, возрождение генетики, важной в исследованиях воздействия излучения на живые организмы. И, конечно, — на восстановление контактов с международным научным сообществом.

Крупнейшие ученые, собранные в конце 40-х — начале 50-х годов в Арзамасе-16 для создания водородной бомбы — И.Е. Тамм, Н.Н. Боголюбов и другие, а позже и главный теоретик плутониевой атомной бомбы Я.Б. Зельдович — один за другим покидали Арзамас-16, возвращаясь в «большую науку».

А. Сахаров, считавший безусловно необходимым для предотвращения войны паритет в вооруженных силах Советского Союза и Соединенных Штатов Америки, продолжал оставаться в Арзамасе-16, отвечая друзьям, покидавшим его: «Я здесь нужнее».

В это время Курчатов часто встречался с Хрущевым, который, по его рассказам, в отличие от Сталина, очень старался понять по существу устройство ядерного оружия и проблемы мирного применения энергии атомного ядра. Хрущев высказал тогда свое пожелание сделать Курчатова своим советником по науке и атомной энергии. В январе 1956 г. Курчатов сообщил нам, что Хрущев намерен скоро посетить Англию для заключения соглашения о расширении научно-технических связей и торговли с нею и хочет взять его с собой для ознакомления с английскими работами по атомной энергии, а также для выступления с лекциями, которые способствовали бы контактам по промышленному использованию атомной энергии. Позже Хрущев сам ознакомился с подготовленными для Англии докладами Курчатова, одобрил их и привез его в 1956 г. в Харуэлл.

Хорошо известно, что Н.С. Хрущев, став главой государства, начал с крупных прогрессивных действий: развенчания «культа личности» Сталина, освобождения и реабилитации миллионов жертв ГУЛАГа, массового жилищного строительства и других шагов, высоко поднявших его авторитет как внутри страны, так и за ее пределами. Но из-за недостатка общей культуры и образования он переоценил свою роль в международной политике.

Потерпев фиаско на заседании ООН, во встрече с президентом США Д. Эйзенхауэром летом 1960 г. во Франции, в реформе управления страной совнархозами и в других менее крупных инициативах, он ожесточился и выдвинул девиз: «Международную политику надо вести с позиции силы».

Узнав от физиков о возможности неограниченного увеличения мощности термоядерной сверхбомбы, Хрущев не задумавшись утвердил проект создания стомегатонной бомбы с тем, «чтобы она, как дамоклов меч, висела над капиталистами».

Сахаров, уже «раненный» тостом маршала Неделина, все же возглавил расчеты по бомбе, но настоял на ее испытании с половинным зарядом в 50 Мт, ибо это давало возможность во много раз сократить число невинных жертв на Земле от поражения радиоактивностью, разносимой ветром. Бомба была взорвана на Новой Земле 30 октября 1961 г. и за секунды выжгла площадь около 30 тыс. км^2. Взрыва такой мощности на Земле больше не было.

Испытания наших сверхбомб ускорили изготовление и испытания разных их вариантов в США. Над миром все более сгущалась угроза всеобщего уничтожения в термоядерной войне.

Главными действующими лицами в этой гонке у нас были создатели оружия и руководство страны: Курчатов, Сахаров, Харитон, Хрущев, Брежнев, высшее воинское командование и высший партийный орган — Политбюро КПСС.

НАЧАЛО КОНЦА ХОЛОДНОЙ ВОЙНЫ

Медленно, год за годом Сахаров все более осознавал свою роковую роль в создании оружия всеобщего уничтожения, быстро накапливавшегося в арсеналах. В поисках спасения от катастрофы он обращается в начале 1968 г. с призывом к широким кругам мыслящих людей вместе искать пути преодоления нарастающей всемирной угрозы. Это — его знаменитые «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе», изданные за границей во многих миллионах экземпляров на разных языках мира, но не понятые руководителями КПСС и напугавшие их. Отстраненный за этот призыв от работы в Арзамасе-16, Сахаров переключился полностью на правозащитное движение и космологию, в которую он внес за годы общественной деятельности значительный вклад.

Продолжавшаяся деградация нашей централизованной плановой экономики, провалы неоднократно объявлявшихся продовольственных программ, перегрузка промышленности заказами Военно-промышленного комплекса, особенно возросшими при объявлении в США программы «звездных войн» (разработки глобальной системы защиты от ракет с термоядерными боеголовками), при сокращении производства товаров массового потребления привели к тому, что, наконец, руководители государства поняли необходимость перемен.

Генеральный секретарь ЦК КПСС М.С. Горбачев первый среди руководящих деятелей осознал необходимость нового мышления и активного действия. Он, видимо, понял, наконец, то, о чем писал Сахаров в своих «Размышлениях». Понял, что расхождение партийных идеологий и классовые противоречия — пустяки по сравнению с неотложными общечеловеческими проблемами, решение которых необходимо для продолжения жизни на Земле: остановкой роста населения земного шара, угрозой голода миллиардов жителей, угрозой экологической катастрофы, истощением минеральных запасов полезных ископаемых и топлива и, наконец, угрозой всеобщей гибели в «термоядерной зиме», которая может наступить вследствие идеологического противостояния, ведущего от «холодной войны» к «горячей» — термоядерной. Понял то, о чем все громче и громче во всех странах мира били тревогу экономисты, экологи, государственные деятели, но что оставалось за пределами внимания приверженцев различных религиозных доктрин — христианства, ислама, коммунизма и др. Каждый имеет право проповедовать свое недоказуемое «откровение», но только при условии, что оно не призывает к войне и к насилию над инаковерующими.

Когда после 1917 г. борьба за мировую революцию осуществлялась при помощи тачанок, буденновской конницей и посредством расстрелов по приговорам «троек», это было, по теперешним меркам, локальным кровопролитием. Идеологическое противостояние сейчас, в эру термоядерных сверхбомб, стало дорогой к всеобщему самоубийству. Видимо, Горбачев это понял и от противостояния в «холодной войне» повел Советский Союз в мировое сообщество.

Сегодня мы, занятые проблемами ядерной энергии, будь то синтез легких или деление тяжелых атомных ядер, в миллионы раз более концентрированной,

чем химическая энергия, доступная нашим предшественникам, понимаем, что перешли в новую эпоху развития человеческого общества.

Ядерную энергию может с успехом применять только открытое общество, свободно обменивающееся с другими информацией о своих успехах и неудачах. Мы поняли, что чернобыльская катастрофа явилась результатом нашей изоляции, «железного занавеса», отделявшего нашу страну от всего человечества, а также милитаризации нашей экономики.

В наш ядерный век земной шар стал маленьким. Ядерный взрыв или авария на атомной электростанции угрожает всем людям Земли бедствиями, не знающими государственных границ. Поэтому сохранить жизнь на Земле можно только в едином мирном сообществе, войдя в него без конфликтов, развиваясь эволюционно.

Обсуждение путей перехода к такому обществу неотделимо от темы знаменитой лекции Курчатова в Харуэлле. Проблема управляемого ядерного синтеза, рожденная гигантским трудом выдающихся талантов, создавших чудовищные по мощности и разрушениям термоядерные сверхбомбы, — сама от рождения ЭПОХАЛЬНА. Значение управляемого ядерного синтеза для благополучия людей на Земле огромно. Овладение им остается важнейшей проблемой всемирного масштаба — она все еще не доведена до практического воплощения.

Призыв Курчатова, обращенный к научному сообществу в Харуэлле 40 лет тому назад, объединить силы ученых всего мира для применения ядерного синтеза во благо, а не для уничтожения людей, нарастает в своем значении в наши дни и будет нарастать в XXI в. по мере истощения запасов наиболее чистого ископаемого топлива (нефти и газа) и ужесточения экологической обстановки.

Управляемый синтез легких ядер получит широкое применение, когда вместо синтеза дейтерия с тритием — основы взрывов термоядерных бомб — будут освоены реакции «чистого» синтеза без освобождения нейтронов. Этот путь приоткрыт трудами исследователей за последнее десятилетие и по нему предстоит идти.

Начинать все же приходится с наиболее легко осуществимого, но не избавляющего от радиационной опасности дейтерий-тритиевого синтеза на установке ITER, чтобы в его проектировании, сооружении и экспериментальной эксплуатации приобрести необходимый опыт для перехода к более напряженным режимам сжигания ^{3}He и ^{11}B. Это топливо обеспечит людей всей Земли энергией на тысячи лет и освободит от тревоги, связанной с радиоактивностью.

К ИСТОРИИ МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В СССР (1939—1954 гг.)

Кочетков Л.А., Сидоренко В.А.

Идеи использования ядерной энергии для мирных и военных целей возникли одновременно вскоре после каскада открытий и результатов теоретических исследований в области ядерной и нейтронной физики, последовавших в предвоенные тридцатые годы. Важнейшими среди них были:

— открытие в 1932 г. Дж. Чедвиком нейтрона;
— открытие в 1938 г. О. Ганом и Ф. Штрассманом деления урана при взаимодействии с нейтронами.

Они привели ученых многих стран если не к убеждению, то к ощущению возможности практического использования в недалеком будущем внутриатомной (ядерной) энергии. В нашей стране уже в 1939 г. появились расчетно-теоретические доказательства возможности цепного процесса деления урана, выполненные Ю.Б. Харитоном и Я.Б. Зельдовичем.

Надвигалась война. Все это стимулировало интенсификацию целенаправленных исследований по прямому доказательству возможности и путей использования нового вида энергии и создание комплексных государственных программ по урановой проблеме. Первоначально они были ориентированы, главным образом, на разработку и создание ядерного оружия. В Германии в сентябре 1939 г. было организовано Урановое общество: научным руководителем разработанной программы стал В. Гейзенберг — один из виднейших физиков Германии.

В Великобритании в апреле 1940 г. был образован Правительственный комитет по разработке ядерного оружия: руководителем комитета стал также крупнейший физик страны Дж. Томсон.

Аналогичная целенаправленная деятельность в США была организована и развернута в декабре 1941 г., после известного письма А. Эйнштейна президенту Ф. Рузвельту (11 октября 1939 г.) и доклада Дж. Томсона.

В СССР первоначально исследования по внутриатомной энергии были инициированы и организованы виднейшими учеными страны. Вначале при Академии наук СССР под руководством С.И. Вавилова была создана Комиссия по атомному ядру, затем в 1939 г. по инициативе академика В.И. Вернадского и с одобрения Совнаркома при Президиуме АН СССР была создана Урановая комиссия. Предполагалось, что она будет координировать комплексные

исследования по всей урановой проблеме: от разведки месторождений урана до практического использования ядерной энергии во всех возможных сферах. Председателем этой комиссии был назначен В.Г. Хлопин; в ее состав входили: В.И. Вернадский, А.И. Иоффе, С.И. Вавилов, А.Е. Ферсман, А.П. Виноградов, И.В. Курчатов, Ю.Б. Харитон. В разработанной в 1940 г. программе этой комиссии значились такие важнейшие разделы, как выяснение механизма деления урана и тория, разработка методов обогащения урана, выяснение условий самоподдерживающейся реакции и др. [1].

С началом войны все эти исследования были почти полностью прекращены, и только с конца 1942 г. по указанию ГКО (Государственный Комитет Обороны) они частично возобновились, но уже с целью разработки ядерного оружия. С этой целью решением ГКО И.В. Курчатов был назначен научным руководителем всех работ, а 15 февраля 1943 г. состоялось решение об образовании единого научного координирующего центра — Лаборатории № 2 (другое наименование — Лаборатория измерительных приборов АН СССР) во главе с И.В. Курчатовым. И все же исследования продвигались медленно. В конце войны, после испытания и применения атомных бомб США в войне против Японии, происходит резкая интенсификация работ. Постановлением ГКО от 20 августа 1945 г. образован Специальный комитет во главе с Л.П. Берией и при нем Технический совет в составе: Б.Л. Ванников — председатель, А.И. Алиханов — ученый секретарь, И.Н. Вознесенский, А.П. Завенягин, А.Ф. Иоффе, П.Л. Капица, И.К. Кикоин, И.В. Курчатов, В.А. Махнев, Ю.Б. Харитон и В.Г. Хлопин. А 30 августа 1945 г. для оперативной работы по реализации Урановой программы создано Первое Главное Управление (ПГУ) при СНК СССР во главе с Б.Л. Ванниковым и его заместителем А.П. Завенягиным. Урановой программе, а точнее — задаче скорейшего создания ядерного оружия в стране, был определен высший приоритет, а Специальному Комитету (СК) предоставлены по тем временам чрезвычайные полномочия. Казалось, в этих условиях и речи не может идти об исследованиях в сфере мирного использования ядерной энергии. Однако, после взрыва атомных бомб над Хиросимой и Нагасаки у ученых уже возникло беспокойство за возможные катастрофические последствия в случае массового применения ядерного оружия в следующей войне. Наоборот, мирное использование ядерной энергии предвещало огромный прогресс не только в энергетических отраслях производства. Активную пропаганду именно этой альтернативы применения ядерной энергии в первые после окончания войны годы вели, по крайней мере, два выдающихся человека — академик П.Л. Капица и академик С.И. Вавилов. Несколько позднее к ним присоединятся И.В. Курчатов, Н.А. Доллежаль, А.П. Александров, А.И. Лейпунский, С.М. Фейнберг, Б.С. Поздняков и др. Обратимся к документам.

... Из протокола № 7 заседания СК при СНК СССР от 26 октября 1945 г. п. 8. [2]:

«Слушали: О разработке мероприятий по использованию внутриатомной энергии в мирных целях.

Постановили: Поручить Техническому Совету (ТС) обсудить предложения Капицы П.Л. об использовании внутриатомной энергии в мирных целях,

разработать план мероприятий в этой области и доложить его Спецкомитету.

Председатель СК при СНК СССР Л. Берия».

Из документов видно, что, действительно, 5 ноября 1945 г. на заседании Технического Совета СК по п. 7 выступил П.Л. Капица с сообщением «О мирном использовании внутриатомной энергии». К сожалению не удалось найти окончательного решения по этому докладу.

18 декабря 1945 г. П.Л. Капица вновь возвращается к теме о мирном использовании внутриатомной энергии, на этот раз в письме на имя заместителя Председателя СНК СССР В.М. Молотова, где он просит разрешения на открытое опубликование статьи на эту тему. В письме, в том числе, было написано: «Я думаю, что не будет чересчур смелым прогнозом сказать, что техника будущего будет рассматривать уголь, дерево, нефть как источник сырья для синтеза, а энергетика перейдет на атомную энергйю и очень возможно, что о сжигании угля, торфа и пр. в топках будут говорить как о варварстве, и это будет запрещено».

По всей видимости, настойчивая направленность предложений П.Л. Капицы на мирное использование внутриатомной энергии стала несовместимой с его пребыванием в Спецкомитете, и 21 декабря 1945 г. он был выведен из его состава. И тем не менее его усилия не пропали даром — поручения были даны. То ли во исполнение этих поручений, то ли по своей инициативе С.И. Вавилов примерно через год, 13 сентября 1946 г. направляет Председателю Спецкомитета перечень научно-исследовательских работ по проблемам атомного ядра и использования внутриатомной энергии с очень широким охватом тематики: использование радиоактивных изотопов в медицине, биологии, технике, исследования по физике, исследования по использованию «урановых котлов» для генерации электрической энергии и т.д. В результате 27 ноября 1946 г. выходит поручение СК, в котором ПГУ обязывается подготовить соответствующие предложения и проект Постановления Правительства. Уже 7 декабря 1946 г. в адрес Л.П. Берии был направлен проект Постановления Правительства «О дальнейшем развитии научно-исследовательских работ в области естествознания и техники, связанных с изучением атомного ядра и использованием ядерных реакций». Проект Постановления подписали С.И. Вавилов, Б.Л. Ванников, М.Г. Первухин, И.В. Курчатов. Постановление за № 2697-1113 «О развитии научно-исследовательских работ по изучению атомного ядра и использованию ядерной энергии в технике, химии, медицине и биологии» вышло за подписью И.В. Сталина 16 декабря 1946 г. Можно считать, что это было первое Постановление Правительства по «урановой» проблеме, в котором нашла отражение мирная тематика, наряду с тематикой военного и двойного назначения. Так из записки, подготовленной для обсуждения на ПГУ Б.С. Поздняковым (16 декабря 1946 г.) следует, что предлагалось приступить к разработке:

— институту № 1 (Н.Н. Семенов) ядерного реактора для самолета на 7000 л.с.;
— институту № 2 (И.В. Курчатов) ядерного реактора для электростанции мощностью 150000 кВт;
— институту № 3 (А.И. Алиханов) ядерного реактора для подводной лодки мощностью 40000 л. с.

Предлагалось также организовать проведение научно-исследовательских работ по переработке облученного топлива, по защите от коррозии материалов, используемых в реакторах, по выделению из отходов и использованию в народном хозяйстве полезных радиоактивных изотопов, по теплопередаче, по технико-экономическим исследованиям. Можно видеть, что эта тематика не потеряла своего значения до сих пор. К выполнению соответствующих работ предлагалось привлечь НИИ-9, ВИАМ, ВТИ, ЦКТИ, Энергетический институт. В этой же записке впервые приводится оценка стоимости электроэнергии АЭС — в 2÷3 раза ниже стоимости электроэнергии, вырабатываемой ТЭЦ на органическом топливе.

Записка Б.С. Позднякова была заслушана на заседании Научно-технического совета ПГУ (Протокол № 66 от 24 марта 1947 г.). На совете выступили: И.В. Курчатов, Н.Н. Семенов, А.П. Завенягин, В.А. Малышев, М.Г. Первухин. В протоколе было записано:

«Постановили:

1. Принять к сведению сообщение т. Позднякова Б.С. о намеченных задачах и координирующих технических заданиях в области научно-исследовательских и экспериментальных работ по использованию ядерных реакций в качестве источника тепла для энергосиловых установок применительно к самолетам, кораблям, электростанциям и локомотивам.

2. Признать, что в настоящее время следует приступить к НИР и подготовительным проектным работам по использованию энергии ядерных реакций для энергосиловых установок».

А несколькими днями раньше на НТС ПГУ были заслушаны сообщения Г.М. Франка и А.И. Бурназяна о плане работ по радиационной биологии и медицине.

Практические предложения по реакторным установкам и соответствующие поручения были сформулированы в протоколе НТС ПГУ № 76 от 26 мая 1947 г., в котором, в частности, было записано:

«Поручить т. Лейпунскому А.И. и Лаборатории «В» совместно с Лабораторией № 2 разработку реактора с использованием бериллия в качестве замедлителя, представив в первом полугодии 1948 г. практические предложения по этому вопросу...»

По всему видно, что выбор целей, определение приоритетов, основных технических и тактических характеристик предполагаемых к проектированию реакторных установок пока не имеет под собой ни научно-технического, ни экономического обоснования, да и серьезной материальной поддержки, поэтому имеет место уточнение и обновление поручений и планов. Очередное уточнение их можно видеть из приложения № 2 к Постановлению Правительства № 1127-402 от 6 апреля 1948 г. В нем поручается:

- По Лаборатории № 2 (научные руководители — академик И.В. Курчатов и член-корр. А.П. Александров):
  1. Разработка предварительного проектного задания агрегата с гелиевым охлаждением на обогащенном уране мощностью до 500 тысяч кВт.
  2. Расчеты с эскизами агрегата с газовым охлаждением на натуральном или слабо обогащенном уране мощностью до 200 тысяч кВт.

3. Проектное задание на агрегат с водяным охлаждением на слабообогащенном уране мощностью до 300 тысяч кВт.

- По Лаборатории № 3 (научные руководители — академик А.И. Алиханов и В.В. Владимирский):

4. Разработка проектного задания агрегата с торием и обогащенным ураном, с тяжелой водой.

- По Институту «В» (научный руководитель — профессор X. Позе):

5. Разработка проектного задания агрегата на обогащенном уране с бериллиевым замедлителем и газовым охлаждением мощностью до 500 кВт.

Легко видеть, что во всех проектах видна забота об экономии нейтронов: использование гелия (газа) и тяжелой воды в качестве теплоносителей и бериллия в качестве замедлителя. Сравнительно высокий уровень мощности первых трех установок мог быть связан с назначением реакторов либо для наработки плутония, либо для производства электрической энергии.

Итак, практически весь период 40-х годов, с 1940 по 1949, свелся к разработке программ и проведению первоначальных исследований применительно к мирному направлению использования ядерной энергии. Иначе и не могло быть. И дело было не только в том, что на первых порах отсутствовали доказательства экономической целесообразности и технической осуществимости ядерных энергетических реакторов для указанных выше целей; все мыслимые и немыслимые людские и материальные ресурсы были мобилизованы сперва на победное завершение войны, а затем на восстановление страны и решение проблемы ядерного оружия.

Однако, процесс накопления знаний шел, а после испытания 29 августа 1949 г. первой советской атомной бомбы интерес к атомной энергетике и иным применениям ядерной энергии резко возрос. Именно в 1949-1950 годах имеет место интенсивное обсуждение итогов проделанной работы, планов будущих НИОКР, подготовка и выпуск важных правительственных решений. Ниже приводится далеко не полный перечень сведений из документов на эту тему.

9 февраля 1949 г. С.И. Вавилов в своем письме к Л.П. Берии дает краткий отчет по выполненным работам во исполнение Постановления Правительства от 16 декабря 1946 г. и приводит план новых научно-исследовательских работ по атомной проблеме.

3 октября 1949 г. на НТС ПГУ были заслушаны сообщения И.В. Курчатова и С.М. Фейнберга о проекте исследовательского реактора «Малютка» мощностью 10 МВт, который предполагалось построить в Лаборатории № 2. В проекте предлагалось предусмотреть сооружение трех петель с теплоносителями — вода, газ и жидкий металл. Последняя петля предназначалась для изучения проблем реакторов на быстрых нейтронах.

31 октября 1949 г. А.И. Лейпунский, Д.И. Блохинцев и А.Д. Зверев обращаются к заместителю начальника ПГУ А.П. Завенягину с докладной запиской о необходимости развертывания работ по созданию энергетических реакторов. В записке упоминается об уже известном поручении Лаборатории «В» по разработке аппарата «Л» — опытного реактора с бериллиевым замедлителем и гелиевым теплоносителем. Докладывалось, что Лаборатория «В» разработала

проектное задание и дальше предлагалось (дословно): «Работы по энергетическим системам в настоящее время ведутся очень узко. Нам известен, кроме нашего, еще один проект — т. Александрова А.П., также с гелиевым охлаждением. Составленные проектные задания показали, что гелиевые системы обладают рядом существенных недостатков для промышленного использования — высокое давление газа, сложная аппаратура для очистки, газгольдерное хозяйство и т.п. Уже в настоящее время было бы полезно шире развить работы по различным энергетическим системам с целью их сопоставления и выбора наиболее эффективных путей решения задач. Лаборатория «В» могла бы взять на себя физические разработки, связанные с развитием и других энергетических систем, как, например:

a) гомогенных систем с бериллиевым замедлителем и с охлаждением гелием, висмутом, водой;
b) систем на быстрых нейтронах с разными охладителями;
c) систем на нейтронах средних энергий с разными охладителями».

В этом письме легко угадывается авторство — А.И. Лейпунский. Можно видеть, как у него формируется все больший интерес к спектру нейтронов высоких энергий и к жидкометаллическому теплоносителю.

4 ноября 1949 г. С.М. Фейнберг направляет записку А.П. Завенягину, в которой подтверждает необходимость сооружения «Малютки», предлагает приступить к разработке реактора для подводной лодки и надводного корабля тепловой мощностью 50000 кВт (~ 10000 кВт — на валу) и, наконец, предлагает приступить к разработке двухцелевого реактора — для наработки вторичного ядерного горючего (плутония или урана-233) с использованием «сбросного» тепла для выработки электроэнергии. Рассуждая о необходимости повышения эффективности реактора для наработки вторичного горючего, он пишет: «Для решения этой задачи необходимо добиться увеличения $n_{эфф}$. Для этого, быть может, необходимо перейти к котлам, работающим на быстрых нейтронах или на нейтронах промежуточных энергий».

4 ноября 1949 г., т. е. в этот же день, А.П. Завенягин отправляет Л.П. Берии письмо, которое сопровождается письмом С.М. Фейнберга, и в котором сообщается, что в Лаборатории «В» под руководством А.И. Лейпунского, Х. Позе, Д.И. Блохинцева разработан и представлен проект сооружения энергетической установки, состоящей из реактора с бериллиевым замедлителем и гелиевым теплоносителем мощностью 10000 кВт и электростанции мощностью 2500 кВт.

Обратим внимание на то, что у авторов этих писем появилось стремление совместить два назначения в предлагаемых установках: при главном, военном, их назначении — выявить возможность одновременной выработки на них электрической энергии. Можно видеть также, что в Лаборатории «В» пока еще сохраняется повышенный интерес к бериллию, как к источнику дополнительных нейтронов за счет реакции (n, 2n), хотя уже стало известно, что другая реакция (n, a) в значительной мере обесценивает выигрыш от первой.

18 ноября 1949 г. выходит указание Спецкомитета: ПГУ в месячный срок разработать предложения по мирному использованию атомной энергии.

29 ноября 1949 г. на заседании НТС ПГУ обсуждаются разные предложения: проектное задание на аппарат «Л», сообщение Лаборатории «В» (А.И. Лейпунский), технический проект агрегата «Шарик», разработанный Институтом физических проблем и ОКБ «Гидропресс», и предложения Н.А. Доллежаля о разработке двухцелевого уран-графитового реактора по типу реакторов для наработки военного плутония, и другого, предназначенного только для энергетических целей, уран-графитового реактора на обогащенном уране, небольших размеров, оба — с теплосъемом водой. Все эти предложения были поддержаны. В решении НТС ПГУ впервые записывается предложение соорудить первые две установки в Лаборатории «В» одинакового уровня мощности (10 МВт) и с одним и тем же теплоносителем (гелий), отличающиеся только замедлителем: реактор «Шарик» — агрегат «Ш» — проектировался с графитовым замедлителем. В решении было также записано, что имеется в виду их использование, в первую очередь, на надводном и подводном флоте. А.П. Александрову, А.А. Задикяну, Б.М. Шолковичу и А.И. Лейпунскому было поручено подготовить проект постановления Правительства.

В декабре 1949 г. во исполнение решений НТС ПГУ за подписью И.В. Курчатова и Б.С. Позднякова в Спецкомитет была подготовлена докладная записка. В ней сформулированы три основные задачи:

« а) использование для выработки электроэнергии тепла атомных котлов, производящих плутоний;

б) создание специальных энергосиловых установок на атомной энергии для подводных и надводных кораблей, для самолетов и ракетных снарядов;

с) создание электростанций с атомными котлами с целью получения электроэнергии в большом количестве.»

Основные проблемы двухцелевого реактора были связаны с определением возможности использования имеющихся конструкционных материалов для новых условий. Необходимо было подтвердить возможности алюминиевых сплавов, уже используемых для труб каналов и оболочек урановых блоков, или разработать новые материалы, которые бы позволили повысить температуру воды на выходе из реактора с 60-80°С до 200-250°С и поднять давление в каналах до 30-50 атм. Эта задача только на первый взгляд казалась простой.

В отличие от предыдущего случая, для судовых реакторных установок использование жаропрочных сталей можно было допустить за счет соответствующего повышения обогащения урана. Проблема повышения термодинамической эффективности, снижение массогабаритных характеристик, защита персонала, надежность оборудования — все это необходимо было проверить на ряде опытных наземных установок, используя их «в качестве резервной электростанции».

Основная проблема АЭС — возможность достижения ее конкурентоспособности. Проведенные оценки показывали, что в лучшем случае можно рассчитывать на ~ 20% меньшую стоимость кВтЧчаса АЭС по сравнению с ТЭЦ на угле. С этой целью предполагалось сосредоточить усилия на следующих трех проблемах:

— «улучшение технологического процесса регенерации урана до степени, обеспечивающей выжигание 5-20 кг урана из тонны урана (увеличение глубины

выработки, уменьшение потерь при переработке, увеличение степени воспроизводства активного вещества);
- повышение полезной температуры процесса в котле до такой степени, чтобы имелась возможность получать пар для турбин при нормальных параметрах (400-500°С при давлении 30-100 атмосфер);
- увеличение живучести атомного котла при указанных температурах и давлениях (увеличение срока службы технологических трактов и тепловыделяющих элементов без их смены до 1-3 лет)».

Можно только подивиться актуальности этих проблем до сих пор, по истечении почти 50 лет.

В записке отмечались и возможные преимущества АЭС: их независимость от мест добычи урана, возможность продолжительной работы без подвоза топлива, возможность сооружения достаточно мощных подземных резервных АЭС, которые могут эксплуатироваться, в том числе зимой, — в пиковом режиме.

27 января 1950 г. в развитие вышеупомянутой записки и во исполнение поручения от 18 ноября 1949 г. за подписями И.В. Курчатова, А.П. Завенягина, М.Г. Первухина, Н.А. Доллежаля и В.С. Емельянова в адрес Л.П. Берии был направлен проект постановления Правительства с краткой запиской. В дополнение к изложенным в декабрьской записке И.В. Курчатова, здесь сформулирована еще одна задача, касающаяся изучения поведения материалов, веществ и биологических объектов в поле излучений реакторов, а также использования радиоактивных изотопов в медицине, химии, металлургии, технике. И все-таки уточнение проекта постановления продолжается.

4 февраля 1950 г. в адрес председателя Спецкомитета А.П. Завенягин и И.В. Курчатов направляют еще один вариант постановления, где приводятся более полные сведения по предлагаемой к строительству в Лаборатории «В» установки В-10 с двумя опытными реакторами (агрегат «Ш» и агрегат «ВТ» — так стал теперь называться реактор с бериллиевым замедлителем) со сроком окончания строительства — первая половина 1951 г. Однако и этот вариант постановления будет исправляться и дополняться, и не один раз.

11 февраля 1950 г. состоялось совещание у начальника ПГУ Б.М. Ванникова, на котором было заслушано сообщение Н.А. Доллежаля о проекте корабельного реактора тепловой мощностью 150 МВт и мощностью на турбине ~ 25 МВт. Предлагался высоконапряженный уран-графитовый канальный реактор с водой в качестве теплоносителя. С точки зрения сегодняшних представлений это был абсолютно нереальный проект: обогащенный металлический уран в виде трубки без внешнего покрытия, которая имеет по внутренней поверхности плотный контакт со стальной трубкой, внутри которой протекает охлаждающая вода под давлением 100 атм.; активная зона высотой и диаметром 1,5 м × 1,5 м и графитовые блоки в качестве замедлителя — все это не может обеспечить мощность 150 МВт в пределах безопасных температур графита и топлива, не говоря уже о неприемлемом загрязнении внутриреакторного объема радиоактивными осколками деления урана. По итогам обсуждения был принят ряд важных решений:

«1. Принять предложение ПГУ о сооружении на территории Лаборатории «В» экспериментальной установки полупромышленного типа (установка АМ)

мощностью по тепловыделению в 30 тысяч кВт и 5 тысяч кВт по паровой турбине, использующей обогащенный до 3-5% уран в количестве 300 кг для этого реактора с графитовым замедлителем и водяным охлаждением. ...

2. НИИХИММАШу (т. Доллежалю) разработать при научном руководстве и по физическим характеристикам Лаборатории № 2 (т. Курчатов) технический проект установки АМ, представив его на утверждение к 1 июля 1950 г. ...

3. Поручить ПГУ (т. Ванников) силами ГСПИ-11 (т. Гутов) разработать к 1 сентября 1950 г. комплексный технический проект установки АМ, включая энергетическую часть. ...

4. Поручить ПГУ (т. Ванников) с привлечением соответствующих Министерств и Ведомств подготовить к 1 октября 1950 г. план мероприятий по обеспечению строительства установки «АМ».

Все эти предложения плюс поручения по основным научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам предлагалось включить в подготовленное постановление Правительства. В решении подчеркивалось, что важнейшей задачей первого периода следует считать «принципиальное подтверждение на опытных установках практической возможности преобразования тепла ядерных реакций атомных установок в механическую и электрическую энергии промышленного значения». Установке «АМ» пока еще не определен статус атомной электростанции, но она не может рассматриваться и как наземный прототип судовой установки, поскольку в ней не нашли отражение соответствующие тактико-технические требования. Пока это — опытная многоцелевая установка, и ее создание выдвигается на первый план, а в недалеком будущем это — проект Первой в мире АЭС.

22 марта 1950 г. на заседании Спецкомитета рассматривался другой проект постановления СМ СССР (Совета Министров СССР) — «О применении радиоактивного кобальта для гамма-дефектоскопии металлических изделий и в медицине, взамен радиоактивных препаратов», представленный И.В. Курчатовым, А.П. Завенягиным, С.И. Вавиловым, А.И. Бурназяном, Г.М. Франком и А. Черепневым. Авторы предложения предлагали принять срочные меры по широкому использованию радиоактивного кобальта-60 в первую очередь в медицине — для лечения раковых заболеваний, и в технике — для целей дефектоскопии. К этому времени на первом промышленном реакторе «без ущерба для работы агрегата» и производства основной продукции уже было изготовлено 1000 Кюри радиоактивного кобальта. Для сравнения: в распоряжении Министерства здравоохранения СССР имелось в то время около 30 г радия и радиомезатория (30 Кюри). По оценкам, чтобы покрыть первоочередные потребности страны, необходимо было изготовить ~ 10 источников активностью 100 Кюри и ~ 100 источников активностью 10 Кюри. Кроме того, необходимо было выделить 200 тонн свинца для изготовления источников, разработать все мероприятия, связанные с использованием источников (методические указания, оборудование помещений, вспомогательная аппаратура, кадры). Проект постановления СМ СССР «О применении радиоактивного кобальта j» был одобрен.

28 марта 1950 г. во исполнение всех принятых в последние месяцы решений Спецкомитета и ПГУ, НТС ПГУ корректирует план НИОКР на 1950 г. по

направлениям использования атомной энергии в народном хозяйстве. Такими направлениями определены:

1) «Применение тепла ядерных реакций для выработки электроэнергии и силовых установок кораблей и самолетов;
2) Применение излучений радиоактивных изотопов;
3) Использование атомных взрывов для строительных целей».

И хотя в этих формулировках использование атомной энергии в военных целях не вызывает сомнения, однако, очевидно также, что гражданский, мирный акцент использования атомной энергии постепенно усиливается. В плане НИОКР на 1950 г. были сформулированы следующие конкретные целевые задачи:

— разработать проект реакторной установки, которая наряду с наработкой стандартного плутония будет производить электрическую энергию (И.В. Курчатов, Н.А. Доллежаль); «при положительных результатах разработки проекта целесообразноj построить один или несколько таких котлов, что было бы первым шагом в использовании атомной энергии в промышленных целях», — так было записано в решении ПГУ;
— разработать в 1950 г. три опытных реакторных установки небольшой мощности и затем соорудить их в лаборатории «В», предусмотрев возможность производства на них электроэнергии с помощью одного общего для всех трех установок турбогенератора электрической мощностью ~ 5 МВт, в том числе: уран-графитовый реактор с теплосъемом водой (И.В. Курчатов, Н.А. Доллежаль), уран-графитовый реактор с теплосъемом гелием (И.В. Курчатов, А.П. Александров, Б.М. Шолкович), уран-бериллиевый реактор с теплоотводом жидким металлом (А.И. Лейпунский, Б.М. Шолкович); в решении отмечалось, что в этом последнем случае можно будет создать реактор с промежуточным или быстрым спектром нейтронов, что позволяет надеяться на расширенное воспроизводство ядерного топлива;
— провести поисковые исследования по проблеме реакторной установки для самолета (А.П. Александров);
— провести расчеты и исследования по возможности использования ядерных взрывов для строительных целей и возможного радиоактивного заражения местности (Ю.Б. Харитон).

Исследования по применению радиоактивных изотопов предполагалось, как и ранее, вести по планам Ученого совета при Президенте АН СССР (С.И. Вавилов) и Комитета медицинской радиологии Министерства здравоохранения СССР (Е.И. Смирнов).

Обратим внимание на следующие новые задачи, нашедшие отражение в этом решении, подписанном А.П. Завенягиным и Б.С. Поздняковым. Можно видеть, что А.И. Лейпунский окончательно отказался от гелия в пользу жидкометаллического теплоносителя и выбрал в качестве предпочтительного быстрый (промежуточный) спектр нейтронов. Впервые в плане записываются исследования по мирным аспектам ядерных взрывов. Идея двухцелевого реактора окончательно утвердилась, и этой задаче дан зеленый свет. Позднее она превратится в проект второй в СССР, Сибирской атомной электростанции мощностью 600 МВт.

6 мая 1950 г. в протоколе № 95 заседания Спецкомитета появляется запись: «Принять переработанный т.т. Ванниковым, Курчатовым и Завенягиным проект постановления СМ СССР «Об организации научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работ в области использования атомной энергии в мирных целях»».

В пояснительной записке, подготовленной И.В. Курчатовым в Спецкомитет, были отмечены три основных проблемы, которые предстоит решить на пути создания двухцелевых и энергетических реакторов: повышение температуры теплоносителя на выходе из реактора с 60-90°С до 200-300°С; поиск новых, более жаростойких, но слабо поглощающих нейтроны материалов; получение достаточных количеств обогащенного урана. Вновь И.В. Курчатов подчеркивает необходимость ускорения и расширения сфер использования радиоактивных изотопов.

16 мая 1950 г. выходит за подписью И.В. Сталина Постановление СМ СССР № 2030-788 «О научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работах по использованию атомной энергии для мирных целей». Согласно этому Постановлению, ПГУ обязывалось в двухмесячный срок разработать мероприятия, обеспечивающие сооружение в 1951 г. в Лаборатории «В» «опытной энергетической установки мощностью по паровой турбине до 5000 кВт с тремя опытными реакторами на обогащенном уране» (установка В-10). К Постановлению прилагался план основных НИОКР на 1950 г.

С этого времени началась целенаправленная, жестко контролируемая деятельность по созданию опытных реакторных установок в Лаборатории «В», первая из которых в процессе выполнения работы обретет статус атомной электростанции (первой атомной электростанции в мире); параллельно шла работа по созданию двухцелевого реактора. В процессе выполнения работы будет приходить понимание огромной сложности предстоящего решения множества научно-технических проблем. Это потребует большой организаторской работы по привлечению широкого круга НИИ, КБ, заводов и будет причиной неоднократного перенесения сроков пуска.

30 июня 1950 г. в докладной записке на имя Председателя Спецкомитета Б.Л. Ванников, А.П. Завенягин, И.В. Курчатов, А.П. Александров, Е.П. Славский и Н.И. Павлов предлагают организационные мероприятия во исполнение Постановления от 16 мая 1950 г.

8 июля 1950 г. они были обсуждены на заседании Спецкомитета, и на их основе было подготовлено еще одно постановление Правительства в дополнение к уже вышедшему 16 мая 1950 г.

29 июля 1950 г. было подписано И.В. Сталиным Постановление СМ СССР № 3333-1399 «О дополнительных организационных мероприятиях в области научно-исследовательских и экспериментальных работ по использованию атомной энергии для народного хозяйства». Согласно этому Постановлению, руководство всеми работами по использованию атомной энергии в народном хозяйстве в стране возлагалось на ПГУ. Конструкторские разработки поручались ОКБ «Гидропресс» и вновь образованному на базе НИИХИММАШа Специальному конструкторскому бюро № 5 (СКБ-5). Произошли персональные назначения:

«4. Утвердить профессора Доллежаля Н.А. руководителем работ по разработке новых типов энергетических и силовых атомных установок, его заместителем по физическим вопросам — профессора Блохинцева Д.И. и заместителем по инженерным вопросам — инженера Шолковича Б.М.» Обратим внимание на то, что в 1949-1951 годы складывается институт научных руководителей. Это — дань особой опасности и ответственности за принимаемые проектно-конструкторские решения в сфере ядерных технологий, признание приоритета физических принципов при создании ядерно-энергетических установок.

14 апреля 1951 г. Председатель Спецкомитета Л.П. Берия потребовал от ПГУ отчитаться о ходе работ по созданию установки В-10 за прошедшие 11 месяцев со дня выхода первого Постановления Правительства по этой установке. В ответе А.П. Завенягина и И.В. Курчатова (27 апреля 1951 г.) отмечалось:

— технический проект агрегата «AM» закончен в I квартале 1951 г., он рассмотрен на НТС ПГУ, и дано разрешение на рабочее проектирование; изготовлены в НИИ-13 образцы ТВЭЛов с никелевым подслоем, которые переданы в НИИХИММАШ для проведения механических и тепловых испытаний; ведется подготовка к проведению реакторных испытаний ТВЭЛов в реакторе «АВ» и исследовательском реакторе «МР», строительство которого еще не завершено;
— технический проект реактора «ШГ» выпущен в сентябре 1950 г.; при его рассмотрении 26 февраля 1951 г. на НТС ПГУ выявлены серьезные замечания: ограниченная мощность при сравнительно больших размерах (шар диаметром 3,6 м) и невозможность его промышленного применения, высокое давление гелия — 100 атм., трудность обслуживания гелиевого контура, загрязненного осколками деления, поскольку ТВЭЛы из двуокиси урана*) не имели защитного покрытия;
— проектное задание на агрегат «ВТ» было представлено в III квартале 1950 г. в двух вариантах — с охлаждением гелием и жидкометаллическим теплоносителем; выполненный сравнительный анализ показал преимущество последнего: низкое давление теплоносителя, возможность получения высоких температур и возможность реализации расширенного воспроизводства – поэтому по рекомендации НТС ПГУ Лаборатория «В» выпускает новое проектное задание на агрегат «ВТ» со свинцово-висмутовым теплоносителем.

Были отмечены и другие серьезные препятствия на пути выполнения в 1951 г. правительственных решений по установке В-10 и двухцелевому реактору: отмечалось, что силы и средства в 1950 г. были отвлечены на выполнение срочных работ по промышленным аппаратам «АИ» и «И», и что необходимое количество обогащенного урана может быть изготовлено только в 1952 г. Как станет ясно позднее, главной причиной задержек с созданием реакторных установок В-10 было отставание с расчетным и экспериментальным обоснованием по основным компонентам реакторов и, в первую очередь — ТВЭЛам и другому оборудованию, по многим позициям которого даже не были даны правительственные поручения.

* по всей видимости, двуокись урана была предложена в нашей практике впервые.

12 июня 1951 г. выходит еще одно Постановление СМ СССР № 1965-939 «О сооружении опытной установки В-10». Этим Постановлением срок завершения строительства «опытной электрической станции (установки В-10)» переносился на II квартал 1952 г., были даны дополнительные поручения по топливу, главным насосам, технологическому оборудованию, электрической части проекта, системам теплотехнического контроля и автоматического регулирования и пр.; Министерству финансов дано поручение финансировать стройку без утвержденного технического проекта — по неутвержденным сметам на отдельные объекты.

Наступили напряженные будни по практической реализации принятых Правительством решений. Множество инженерных и технологических проблем, требующих срочного решения, обрушилось на создателей установки «АМ»:

- Чтобы нагреть воду в реакторе до высокой температуры, потребовалось назначить высокое давление; остановились на давлении 100 атм. А это, в свою очередь, потребовало разработки технологии изготовления тонкостенных труб малого диаметра из стали ЭЯ1Т, способных выдержать это давление, технологии их надежной сварки с элементами топливных каналов; потребовало разработки системы контроля за протечками воды из топливных каналов в графитовую кладку реактора; потребовало разработки автоматических отключающих устройств для ограничения количества воды, поступающей в кладку реактора, в случае разрыва трубок топливных каналов (ТК), и средств защиты герметичного кожуха реактора от превышения допустимого давления в этой аварийной ситуации.
- Существовало опасение накопления кислорода и водорода в первом контуре в результате радиолиза воды и последующего проникновения водорода внутрь ТВЭЛа и реактора за счет его диффузии через тонкие стенки трубок из аустенитной стали топливных каналов.
- Неясно было, как будут изменяться теплофизические и механические свойства стали и графита в полях интенсивного нейтронного облучения.
- Опасение вызывала надежность графитовой кладки в условиях высоких температур.
- Ахиллесовой пятой установки были главные циркуляционные насосы первого контура. В то время еще не были разработаны герметичные бессальниковые насосы, поэтому, чтобы ограничить выход из контура радиоактивной воды через сальники насосов, было решено использовать гидравлическое уплотнение вала в местах его проходки через корпус насосов. С этой целью в места уплотнения от подпиточных насосов поршневого типа подавалась холодная «запирающая» вода, давление которой было выше давления воды первого контура. Необходимый перепад давления автоматически поддерживался гидравлическими регуляторами, разрабатываемыми, как и главные насосы, ЦКБ Гидромаш. Однако, в случае потери давления запирающей воды в результате останова подпиточных насосов горячая вода первого контура начинала поступать в уплотнительный узел, вал насоса быстро разогревался и через несколько минут зазор между валом и корпусом выбирался. Это грозило остановкой насоса и прекращением

подачи воды в реактор. В результате потребовалась разработка системы надежного электропитания не только главных циркуляционных насосов, но и подпиточных.

— Беспокойство вызывал водный режим первого контура, с точки зрения отложения накипи на теплопередающих поверхностях ТВЭЛов. Оценки показывали, что отложение слоя накипи толщиной 0,1ё0,2 мм приведет к недопустимому перегреву ТВЭЛов.

Было много и других проблем, но все-таки на протяжении всего проекта две вызывали особую тревогу и озабоченность и, по сути дела, определили график создания установки, это — физическое обоснование активной зоны и разработка тепловыделяющего элемента.

Первые физические расчеты реактора «АМ» были выполнены в 1950-1951 гг. Лабораторией № 2 (ЛИП АН СССР) под руководством И.В. Курчатова и в Лаборатории «В» под руководством Д.И. Блохинцева и М.Е. Минашина. Однако, после выхода Постановления Правительства от 29 июля 1950 г. основной объем расчетных и экспериментальных работ по физике реактора постепенно сосредотачивается в Лаборатории «В», а в 1951 г. научное руководство разработкой установки «АМ» полностью передается лаборатории «В». Скудность константного обеспечения по основным ядерным реакциям, методические пробелы, особенно — в вопросах резонансного поглощения замедляющихся нейтронов применительно к конкретной гетерогенной компоновке активной зоны и в вопросах размножения на быстрых нейтронах, практически полное отсутствие средств механизации расчетов, дефицит подготовленных кадров были причиной постоянного напряжения и неуверенности. В 1952 г. Д.И. Блохинцев организует новый цикл расчетных исследований по всему перечню физических проблем: необходимое обогащение урана, критическая загрузка, эффективность стержней управления реактором из карбида бора, температурный и мощностной эффекты реактивности, эффекты выгорания и отравления, сравнение эффективности отражателя и замедлителя из графита и бериллия, активность выбрасываемых через вент. трубу газов, активность сбросных дренажных вод, активность извлекаемых из реактора отработавших ТВЭЛов, тепловыделение в графитовой кладке и т. д. Наибольшие трудности были связаны с оценкой роли воды, заполняющей трубную систему топливных каналов (ТК), воды, заполняющей каналы СУЗ, и аварийной воды, которая попадает в графитовую кладку в случае разрыва трубки ТК. Из-за тесного, неоптимального по замедлителю шага решетки ТК — дань прежнему назначению реактора «АМ» — присутствие аварийной воды вблизи ТВЭЛов и, особенно, в центре активной зоны приводило по расчетам к росту реактивности.

3 августа 1953 г. Д.И. Блохинцев ставит в известность руководство Минсредмаша и И.В. Курчатова об опасности разгона реактора на мгновенных нейтронах в случае попадания в кладку «аварийной» воды; по расчетам попадание в графитовую кладку 5 кг воды приводило к увеличению реактивности на 0.075. В качестве меры защиты предлагалось разработать «быструю аварийную защиту» реактора, провести эксперимент по истечению воды в графитовую кладку в случае разрыва трубки ТК, разработать сдублированную систему

контроля за разгерметизацией трубной системы ТК по давлению и влажности газа, заполняющего зазоры вблизи ТК. С тех пор эта проблема стала доминирующей в сфере безопасности установки. Последний раз перед пуском реактора она обсуждалась на совместном совещании Лаборатории «В» и ЛИП АН в Обнинске 26 марта 1954 г. В дополнение к уже принятым решениям было рекомендовано на дренажном трубопроводе из кладки реактора установить гидрозатвор с контролем натекающей в него воды. Еще раз обратим внимание на скромность экспериментальной поддержки физических проблем проекта. Вот несколько примеров такой поддержки:

— в отчете за 1951 г. директор Лаборатории «В» сообщает, что проведено измерение сечений захвата ядрами свинца, висмута, хрома, марганца, кобальта, молибдена, магния и сталью ЭЯ1Т; эксперименты по измерению сечений ядерных реакций были продолжены в последующие годы; сообщалось также о результатах исследований по прохождению g-лучей через бетонную защиту;
— в начале января 1953 г. И.В. Курчатов в своем письме Д.И. Блохинцеву сообщает рекомендации для расчета резонансного поглощения нейтронов, основанное на обработке экспериментальных результатов М.Б. Егиазарова;
— 27 октября 1953 г. в своем рапорте на имя директора Ю.В. Архангельский и М.Е. Минашин предлагают соорудить критический стенд — физическую модель будущего реактора. В результате героических усилий такой стенд был создан, и 3 марта 1954 г. в Лаборатории «В» была впервые осуществлена самоподдерживающаяся реакция деления ядер урана. На этой критической сборке удалось провести комплекс важных физических исследований, в том числе по измерению реактивностных эффектов воды, но изменить что-либо в проекте практически было невозможно, так как до пуска установки оставались считанные дни.

Не менее драматичная ситуация складывалась с разработкой тепловыделяющего элемента и тепловыделяющей сборки (топливного канала) в целом.

1950-1951 годы. До середины 1951 г. разрабатывались три варианта ТВЭЛов: варианты НИИ-13 (В.И. Привалов, П.П. Пышляк) и НИИ-9 (В.Б. Шевченко, А.А. Бочвар, А.С. Займовский) были практически одинаковыми, и каждый из них представлял из собой биметаллическую трубку, где внешней частью являлась трубка из металлического урана, а внутренней частью — трубка из аустенитной стали ЭЯ1Т размером 9×0,4 мм, тепловой контакт между ними осуществлялся через «подложку» либо из никеля, либо из меди (более позднее предложение НИИ-13). В июле «трубный» институт приступил к изготовлению трубок и в этом же месяце в НИИХИММАШе начались испытания этих трубок на прочность и длительную прочность. На реакторе «АВ» сооружается петля для испытания будущих ТВЭЛов реактора «АМ», закончено сооружение стенда в НИИХИММАШе для тепловых внереакторных испытаний ТВЭЛ, продолжается сооружение исследовательского реактора «МР» в ЛИП АН; в реактор «АВ» 15 сентября поставлены 18 контейнеров с образцами конструкционных материалов для исследования влияния нейтронного облучения на свойства материалов. Третий вариант ТВЭЛов разрабатывался в ЛИП АН под

руководством И.В. Курчатова и В.С. Чиркина. Он состоял из 15 коротких секций, «самоварчиков», имел очень много сварных швов, и в качестве теплового контакта в нем был использован свинцово-висмутовый сплав с температурой плавления 125°С. Первые опытные образцы ТВЭЛов разработки НИИ-13 и НИИ-9 не выдержали испытания на стенде. В августе 1951 г. Лаборатория «В» приступает к собственной разработке ТВЭЛов под руководством В.А. Малых. Первоначально это были усовершенствованные варианты ТВЭЛов ЛИП АН и НИИ-9. Усовершенствования ТВЭЛов ЛИП АН в первую очередь были связаны с поиском защитных покрытий. Один из важных недостатков варианта ЛИП АН, который был отмечен В.С. Ляшенко (Лаборатория «В»), состоял в том, что в результате взаимодействия урана с висмутом образовывалось химическое соединение, растворимость которого зависела от температуры; переходя из жидкого в кристаллическое состояние, оно оседало на дне, приводя к перераспределению урана. Предложенные для защиты урана термодиффузионные покрытия из слоев бериллия, железа, молибдена, хрома не дали положительного результата: все изготовленные 100 образцов через 20ё70 часов испытаний имели дефекты покрытия; это направление в дальнейшем не развивалось. Тогда было предложено: (1) заменить жидкометаллический контактный материал на основе свинца-висмута на другие контактные материалы на основе цинка, натрия, натрий-калия, магния и кальция (В.А. Малых), (2) заменить металлический уран на интерметаллическое соединение либо урана с кремнием, либо урана с алюминием (В.С. Ляшенко) и (3) одновременно заменить уран на уран-молибденовый сплав, предложенный в конце года НИИ-9, а свинец-висмут заменить на кальций, который к этому времени был, наряду с магнием, предложен В.А. Малых в качестве наиболее перспективного, способного к самозалечиванию контактного материала (В.А. Малых, В.С. Ляшенко). Однако, по технологическим соображениям вариант ТВЭЛа, разрабатываемый в ЛИП АН, Лабораторией «В» рассматривался как неперспективный из-за необходимости сварного соединения большого количества коротких ТВЭЛов — требовалось 20000 сварных соединений на реактор.

Усовершенствование варианта ТВЭЛа НИИ-9 касалось замены никелевого (медного) подслоя на подслой из магния или кальция, и кроме того, замены урановой трубки на втулки (кольца), которые предполагалось изготавливать методом горячего прессования порошков урана и кальция (магния). Первые варианты ТВЭЛов разработки Лаборатории «В» 5 сентября были отправлены в НИИХИММАШ для прохождения тепловых испытаний. Все шесть образцов — четыре с кальцием и два с магнием — впервые выдержали статическую тепловую нагрузку в течении 100 часов при проектном тепловом потоке $1{,}8 \cdot 10^6$ ккал/м$^2\cdot$час и многократные качки теплового потока от $1{,}8 \cdot 10^6$ ккал/м$^2\cdot$час до 0. До конца года в Лаборатории «В» продолжались также поиски оптимального способа загрузки ТВЭЛов топливом и заполнение его контактным материалом. Из опробованных пяти вариантов в конце года остановились на методе заполнения (окунанием) ТВЭЛа магнием (кальцием) в жидком состоянии с последующей направленной кристаллизацией магния при охлаждении его потоком жидкого свинца-висмута. Таким образом, в конце

1951 г. ни один из вариантов ТВЭЛов не был до конца отработан и не имел экспериментального подтверждения своей работоспособности в реакторных условиях.

1952 год. В этом году была продолжена разработка нескольких вариантов ТВЭЛов, одновременно продолжалось создание экспериментальной базы, была начата подготовка промышленного производства. По всей видимости, в конце 1951 — начале 1952 г. все разработчики ТВЭЛов пришли к выводу о необходимости второй — внешней оболочки ТВЭЛов. В конце февраля в Лабораторию «В» поступила первая партия оболочечных труб 13,4×0,2 мм. Ни одна из них не соответствовала ТУ, плохое качество было отмечено и для труб 9×0,4 — до 60% брака. В этом году закончено сооружение петли на реакторе «АВ», закончено сооружение в ЛИП АН реактора «МР» и петли на нем, в Лаборатории «В» сооружен стенд «Ф» для заливки ТВЭЛов магнием. В августе 1952 г. В.С. Емельянов извещает Д.И. Блохинцева, что Постановлением Правительства от 8 июля 1952 г. он утвержден научным руководителем всех НИОКР по реактору «АМ». В отчете Д.И. Блохинцева за 1952 г. отмечалось, что продолжалась разработка четырех вариантов ТВЭЛа: ЛИП АН с кольцами из уран-молибденового сплава и жидким контактным материалом на основе свинца (97%) и магния (3% вес.); НИИ-9 с кольцами из уран-молибденового сплава и контактным подслоем на основе алюминия или меди; Лаборатории «В» с кольцами из уран-молибденового сплава и магнием в качестве контактного материала и, наконец, Лаборатории «В» с крупкой из уран-молибденового сплава в магниевой матрице. Этот последний вариант показал наилучшие результаты при тепловых испытаниях на стенде: он допускал тепловые потоки до $(4,3 \div 4,5) \cdot 10^6$ ккал/м$^2\cdot$час, тогда как вариант с кольцами допускал тепловой поток не более $2,7 \cdot 10^6$ ккал/м$^2\cdot$час. В обеспечение промышленного производства в Лаборатории «В» были разработаны установка для автоматической роликовой сварки ТВЭЛа и установка для гофрирования внешней оболочки ТВЭЛа. ТВЭЛ разработки ЛИП АН также прошел контрольные испытания на тепловом стенде при тепловом потоке $1,6 \cdot 10^6$ ккал/м$^2\cdot$час и первым был поставлен в петлю реактора «МР» на испытания.

1953 год. 29 января выходит очередное Постановление СМ СССР № 264-825, в котором отмечена неудовлетворительная работа строителей и монтажников, назначен новый срок окончания сооружения первой очереди установки В-10 — III квартал 1953 г., установлены конкретные сроки изготовления парогенераторов, ГЦН, станка резки для горячей камеры, ТВЭЛов, топливных каналов, защитной оптики и др. 19 марта стало известно, что опытный ТВЭЛ ЛИП АН при испытаниях в реакторе «МР» разрушился. После этого все надежды по решению проблемы ТВЭЛов были связаны с последним вариантом Лаборатории «В». Приказом по ПГУ от 7 мая 1953 г. было принято решение по проектированию и созданию опытного цеха на заводе № 12 (Электростальский машиностроительный завод) по производству ТВЭЛов реактора «АМ», пока — без конкретного указания типа ТВЭЛов. И только 7 октября В.А. Малышевым, министром вновь образованного 26 июня 1953 г. Министерства среднего машиностроения, принимается окончательное решение по запуску

в производство варианта ТВЭЛов разработки Лаборатории «В» — на основе крупки (мелких частиц) из уран-молибденового сплава с заполнением магнием свободного объема межтрубного пространства ТВЭЛов. Это был, пожалуй, один из первых и очень важных успехов на пути обеспечения надежной работы будущей АЭС. Незадолго до этого выходит последнее Постановление СМ СССР № 2409-994 от 12 сентября 1953 г., в котором установлен срок пуска АЭС в марте 1954 г. До пуска оставались считанные дни, а новым и новым проблемам и трудностям, казалось, не будет конца.

— Уже в июле — августе 1953 г. из Лаборатории «В» отправлены новые задания на проектирование дополнительного охлаждения нижней плиты и бетонного основания, системы контроля за «сухой» аварией (потерей герметичности внешней оболочки ТВЭЛов), двух экспериментальных петель с водным и жидкометаллическим теплоносителем, двух экспериментальных горизонтальных каналов, экспериментальной установки-имитатора топливного канала — для контроля за отложением в нем накипи, экспериментального селекторного канала с 25-метровым туннелем, все это — в дополнение к уже запроектированным системе кривых каналов для производства изотопов, тепловой колонне и горячей камере — закладывало основу для будущих экспериментальных физических и материаловедческих исследований.
— Пришли трубы из нержавеющей стали для первого контура, контура СУЗ и дренажных систем, и стало понятным, что их качественная сварка и контроль сварки лежат на «красной линии» и будут определять сроки монтажа. Потребовалось решение Правительства для привлечения к этой работе квалифицированных сварщиков и рентгенологов Подольского машиностроительного завода.
— Пришла рекомендация ТТЛ (Лаборатория № 3, ныне ИТЭФ) использовать для подавления образующейся в первом контуре по их расчету 11 $м^3$/час гремучей смеси контактные аппараты с 486 кг платины!
— Необходимо было срочно формировать коллектив будущих эксплуатационников, обучать его, организовать его стажировку на реакторе «МР», привлечь его к контролю за ходом монтажа, написанию эксплуатационных инструкций, программ и методик физического и энергетического пусков.
— Как всегда, отставал проект автоматического регулирования технологических процессов. До сих пор обсуждалась целесообразность автоматической связи между нагрузкой на турбине и мощностью реактора, автоматического поддержания постоянства температуры на выходе из реактора.
— Возникли проблемы по сварке тонкостенных труб, когда в конце 1953 г. приступили к изготовлению топливных каналов; качественные сварные швы не получались.

В начале 1954 г. на стройку поступили изделия из графита. Для обеспечения чистоты в центральном зале реактора был сооружен «шатер» с входным пропускником для полного переодевания; выполнение кладки было поручено будущим эксплуатационникам — старшим инженерам по управлению реактором. После завершения сборки кладки предстояло установить на место верхнюю чугунную плиту и герметично соединить ее со стальным кожухом реактора.

Проектное решение — создание уплотнения с помощью сплава «свинец-висмут» — к желаемому результату не привело; попытка приварить стальной переходник к чугунной плите успеха не имела. Были перепробованы: пайка, сварка, шоопирование, подчеканка некачественного сварного шва, — чтобы достичь приемлемого результата. В это время постоянно можно было видеть главного «куратора» Министерства Е.П. Славского, проводившего в реакторном зале совещания и «летучки», а иногда просто, сидя на стуле, наблюдавшего за ходом температурного эффекта реактивности и др.

13 июня 1954 г. дано разрешение на подъем мощности реактора без выработки пара, в водо-водяном режиме. К 24 июня мощность ступенями была поднята до 75%. Уже в этом режиме были выявлены неполадки с системой контроля расхода теплоносителя через топливные каналы, приводившие к многочисленным ложным остановкам, а 16 июня была зафиксирована первая утечка воды из одного топливного канала.

26 июня 1954 г. можно считать днем рождения атомной энергетики. В этот же день пар, выработанный за счет энергии ядерных реакций, сопровождаемый шуточным поздравлением И.В. Курчатова — «с легким паром» — был подан на турбину Первой АЭС.

Начало эксплуатации Первой АЭС было трудным и не предвещало ничего хорошего:

— частые, иногда по две за смену, остановки реактора от «ложных» сигналов аварийной защиты из-за дефектов датчиков и вторичных приборов;
— массовые течи участков трубопроводов, по которым вода подводилась к топливным каналам, по причине межкристаллитной коррозии;
— непрерывно увеличивающаяся течь воды из трубок топливных каналов и каналов СУЗ в кладку реактора, в результате чего в гелии, заполнявшем внутренний объем реактора, появились кислород, углекислый газ, водород, а это, в свою очередь, стало причиной высокой температуры графита.

Проведенный предварительный анализ показал, что причиной течей труб топливных каналов может быть наличие влаги в кладке — течь рождала новую течь. Возникла опасность непредсказуемого повышения реактивности, разгара графита, образования в кладке гремучей смеси. О напряженности обстановки можно судить по тексту следующего приказа Министра № 570 от 3 июля 1954 г. «В связи с пуском объекта «АМ» и до особого моего распоряжения руководящему составу Пусковой комиссии (т.т. Славский, Поздняков, Курчатов, Блохинцев) ежедневно докладывать мне о ходе работ на объекте: комиссии не реже двух раз в неделю на месте совместно рассматривать итоги работ». Трудным было и обсуждение итогов физического и энергетического пусков на выездной сессии НТС Министерства в Лаборатории «В» 22 июля 1954 г. В ходе обсуждения высказывались предложения вплоть до перевода охлаждения реактора с воды на жидкометаллический натрий-калиевый теплоноситель (А.П. Александров). Было решено остановить реактор для устранения выявленных недостатков. После проведенного ремонта 25 октября 1954 г. реактор был выведен на проектную мощность. Впереди лежал длинный путь по достижению стабильной работы установки, превращению ее в крупную экспериментальную базу института

и отрасли для испытания ТВЭЛов, материалов, новых теплоносителей, исследования режимов естественной циркуляции, теплосъема кипящей водой, перегретым паром, по повышению ее безопасности и эффективности...

Аналогичный путь прошли создатели второй в СССР, Сибирской АЭС на базе двухцелевых реакторов. 12 сентября 1958 г. в день открытия Второй Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии ТАСС объявил о пуске этой станции. На самом деле пуск в тот день не состоялся; реактор был полностью загружен топливом, стержни все извлечены из реактора, а приборы показывали, что реактор находится в подкритическом состоянии и самоподдерживающийся цепной процесс реакции деления еще не возник. Поздно вечером руководитель Пусковой комиссии А.И. Чурин отпустил всех на отдых с условием, что утром участники пуска придут со свежими мыслями. Участники пуска отправились на квартиру главного местного физика Е.В. Кулова, чтобы продолжить обсуждение итогов прошедшего дня. Хозяин дома провозгласил тост за советских физиков, впервые в мире не пустивших промышленный реактор и сел за пианино. Однако, было «хоть похоже на веселье, только все же не веселье»j Утром к одному из участников группы пуска и автору этого сообщения пришло прозрение, подсказанное опытом пуска Первой АЭС. Виной оказалась влага, напитавшая графитовую кладку за долгие дни монтажа и в ожидании пуска. После того, как температура графита была поднята до 110-115°С за счет работы насосов первого контура и подачи пара в парогенераторы от постороннего источника и кладка освободилась от влаги, реактор ожил.

Первоначальная программа создания отечественных АЭС была выполнена. На очереди был следующий этап — создание головных энергоблоков Белоярской и Нововоронежской АЭС — прототипов будущих энергоблоков большой атомной энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения из книги А. Круглова «Как создавалась атомная промышленность в СССР».
2. Архивные материалы, изложенные в сборнике «К истории мирного использования атомной энергии в СССР. 1944-1951 гг.» (Документы и материалы). Составители: Л.И. Кудинова, А.В. Щегельский.
3. Личные записи и воспоминания Л.А. Кочеткова.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИДЕИ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ В ПЕРИОД 1945-1950 гг. КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СССР

Киселев Г.В.

1. ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения документов, хранящихся в архиве Минатома Российской Федерации и относящихся к 1945-1950 гг., является информация научной общественности об оригинальных идеях, которые послужили основой для перспективного развития атомной энергетики в СССР. Это представляется актуальным в связи с необходимостью воссоздания концептуального научного поиска советских ученых по мирному использованию атомной энергии в период разработки ядерного оружия. Ознакомление с архивными документами показывает, что конверсия атомной промышленности началась практически одновременно с военными аспектами применения внутриядерной энергии. Некоторые идеи были реализованы при жизни их авторов, некоторые из них носят перспективный характер и разрабатываются в настоящее время.

Помимо описаний идей и предложений, сформулированных в 1945-1950 гг., приводятся сведения о стиле научно-организаторской деятельности, относящейся к созданию атомной энергетики в СССР. Несомненно, что изучение нашего ближайшего прошлого и информацию научной общественности и населения об основных этапах развития отечественной атомной промышленности следует продолжить.

2. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

Как известно, в августе 1945 г. было принято постановление о развертывании работ по созданию атомного оружия и определены соответствующие организационные меры [1]. Начальный период становления и развития атомной промышленности в СССР характеризуется следующими особенностями:

— исключительная сложность решаемой проблемы и неясность отдельных важных технических задач;

— необходимость создания большого количества экспериментальных установок и проведения сложных исследовательских работ;
— принятие решений до окончания экспериментальных работ;
— высокая концентрация интеллектуальной энергии специалистов различного профиля, направленной на оперативное решение установленных заданий за счет привлечения большого количества высококвалифицированных специалистов к решению поставленной задачи;
— коллегиальное обсуждение путей развития и отдельных принципиальных предложений;
— исключительно высокий творческий дух, инициатива и самоотверженный труд участников Атомного проекта;
— оперативное выделение материальных и финансовых ресурсов для сооружения экспериментальных и промышленных установок;
— особые условия сохранения секретности проводимых работ;
— отсутствие информации об аналогичных результатах зарубежных исследований для подавляющего большинства участников Атомного проекта (за исключением ограниченного числа высших руководителей атомного проекта);
— жесткий контроль со стороны Правительства.

Характерной особенностью рассматриваемого периода явилось понимание ведущими учеными и административными руководителями Атомного проекта и Правительства значения и важности проведения фундаментальных исследований в области атомной науки и техники для решения конкретных прикладных вопросов. Вавилов С.И., Иоффе А.Ф., Алиханов А.И., Курчатов И.В. и другие в разное время и независимо друг от друга докладывали на заседаниях НТС свои предложения по организации фундаментальных исследований в области физики ядра, теплопередачи, воздействия излучения на вещество, прямого преобразования энергии радиоактивного излучения в другие формы энергии, ядерной медицины и т.д. На основании этих обсуждений и решений НТС готовились проекты постановлений Правительства. Изучение материалов конца 50-х годов свидетельствует об исключительном авторитете и действенности советских ученых в деле организации фундаментальных исследований и их поддержке на государственном уровне, что нашло свое отражение в ряде постановлений Совета Министров СССР.

В сентябре 1946 года в Спецкомитет обратился Президент АН СССР академик Вавилов С.И. с предложением «Об организации исследований в разных областях науки в связи с проблемой использования атомного ядра» [2]. Вавилов С.И. предлагал предусмотреть проведение исследований по использованию энергии ядерных реакций в мирных целях в научных организациях АН СССР, для чего необходимо было привлечь к этим работам 15 институтов Академии наук, а также ряд институтов министерств и ведомств.

Научно-технический совет рекомендовал Вавилову С.И. составить перечень научно-исследовательских работ, который вскоре был подготовлен, подписан Вавиловым С.И., Курчатовым И.В., Алихановым А.И., Скобельцыным Д.В., Лейпунским А.И., Франком Г.М., Емельяновым В.С., Поздняковым Б.С. и одобрен НТС 21.10.46 с отдельными дополнениями [3]. Одно из дополнений

касалось исследований путей использования ядерных реакций для энергетических установок с участием Института химической физики АН СССР, Лабораторий № 2 и № 3 АН СССР, Центрального котлотурбинного института и Всесоюзного теплотехнического института. Было решено также включить в перечень поисковые работы по прямому преобразованию энергии радиоактивного излучения в электрическую и другие формы энергии (исполнитель — Энергетический институт АН СССР). В пункте 14 Перечня было предусмотрено «использование урановых котлов для генерации электрической энергии».

Несмотря на занятость разработкой промышленных реакторов для производства оружейного плутония, советские физики в этот период интенсивно занимались разработкой ряда интересных оригинальных идей, послуживших основой для создания атомной энергетики в СССР, речь о которых пойдет в следующем разделе.

3. ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИДЕИ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ

В настоящем разделе попытаемся изложить по возможности в хронологическом порядке со ссылкой на архивные документы существо идей и предложений, относящихся к мирному использованию внутриядерной энергии и родившихся в недрах военного атома.

Изучение имеющихся архивных документов свидетельствует о том, что в конце 1945 года среди ведущих советских физиков окончательно материализовалось понимание того, что цепная ядерная реакция деления может быть использована не только в военных целях, но и для получения электрической энергии. Обсуждавшиеся специалистами идеи и предложения, если говорить об этом периоде, касались главным образом различных аспектов получения плутония в промышленных реакторах. Вместе с тем, сформулированные ими технические задачи по различным проблемам промышленных реакторов носят общий характер, имеющий значение для современной атомной энергетики.

Впервые предложение о необходимости обсуждения возможных направлений мирного использования внутриядерной энергии было высказано на заседании 26.10.1945 г. Этот вопрос был обсужден на заседании Технического совета 13.11.45, который поручил Капице П.Л. (созыв), Курчатову И.В. и Первухину М.Г. в месячный срок подготовить и внести на рассмотрение Совета предложения об организации (объеме, программе и участниках) исследовательских работ по использованию внутриатомной энергии для мирных целей [4]. Однако это решение не было выполнено, и к нему вернулись позднее. Это объясняется тем, что в течение 1945 г. — 1-й половине 1946 г. научное и административное руководство Атомного проекта стояло перед выбором: какой тип промышленного реактора — уран-графитовый или тяжеловодный — следует строить в первую очередь.

В связи с этим Технический совет на своем заседании 5 сентября 1945 г. заслушал доклады Курчатова И.В. и Флерова Г.Н. и содоклад Алиханова А.И. по вопросу: «О состоянии научно-исследовательских и практических работ Лаборатории №2 по получению плутония-239 методами — котел уран-графит

и котел уран-тяжелая вода» [5]. Технический совет определил приоритеты в проведении исследований и конкретных работ. Среди этих решений весьма интересным представляется пункт 2, определяющий задачи второй очереди исследований:

«... 2. Приступить после сооружения и пуска котлов уран-графит, диффузионного завода и котла уран-тяжелая вода к использованию дополнительно следующих методов: а) метода котел уран-плутоний-простая вода (для получения загрязненного плутония), позволяющего, как показывают теоретические расчеты, заменить в урановом котле тяжелую воду простой водой, при обогащении металлического урана плутонием ...»

Появление такого решения можно объяснить, во-первых, трудностями в получении тяжелой воды, во-вторых, желанием эксплуатировать водо-водяной реактор с уран-плутониевым топливом для производства энергии. Это предложение предвосхитило использование МОХ-топлива в атомной энергетике. Как известно, в настоящее время в ряде европейских стран, а также в России ведется интенсивное изучение возможности использования МОХ-топлива в существующих ВВЭР (PWR).

Позднее НТС заслушал доклад Алиханова А.И. о тяжеловодном промышленном реакторе (ТР), в котором он обосновал необходимость его сооружения [6].

Алиханов А.И. проанализировал различные варианты:

1. С охлаждением простой водой (Алиханов А.И. замечает, что в этом варианте ТР очень похож на реактор с графитовым замедлителем).
2. С охлаждением тяжелой водой.
3. С кипящей тяжелой водой в качестве теплоносителя.
4. «Шламовый котел», состоящий из смеси окиси металла (суспензии) и тяжелой воды.
5. С использованием ядерного топлива в виде шестифтористого урана.

В промышленном ТР предлагалось использовать ториевый экран для улавливания нейтронов утечки, которая составляла 14 процентов. Алиханов А.И. указал, что с ториевым экраном коэффициент воспроизводства в ТР может достигать величины 0,84.

В своем докладе Алиханов А.И. проанализировал также физические особенности гомогенного ТР с ядерным топливом в виде суспензии из окиси урана с размерами частиц в несколько микрон. Для повышения воспроизводства ядерного топлива Алиханов А.И. предложил организовать систематический вывод сильно поглощающих продуктов деления из топливной смеси в процессе эксплуатации гомогенного ТР. В этом варианте коэффициент воспроизводства ядерного топлива мог достигать величины 0,98.

Заметим, что технические идеи, которые содержались в докладе Алиханова А.И., предвосхитили многие разработки энергетических реакторов, которые впоследствии выполнялись в СССР и за границей. В Канаде была пущена АЭС Джентилли с реактором типа «Candu», в качестве теплоносителя которого использовалась кипящая простая вода. В пятидесятые годы в ИТЭФ проводились исследования по ТР с суспензией в качестве ядерного топлива. В настоящее время группа исследователей ИТЭФ изучает возможность использования

суспензии в качестве жидкого топлива подкритического бланкета. В течение многих лет в ИАЭ им. И.В. Курчатова проводились исследования гомогенного реактора, а в Ок-Ридже (США) эксплуатировался гомогенный реактор на расплавленных солях. В ИТЭФ был разработан проект АЭС с реактором КС-150, с CO_2 в качестве теплоносителя и D_2O в качестве замедлителя. Одновременно в ИТЭФ велись работы по аналогу КС-150 — реактору ТР-1000 ПБ предельной безопасности с электрической мощностью 1000 МВт(э) в корпусе из предварительно-напряженного бетона. В ИТЭФ разработаны также предложения по модульному ТР МТР-500 для целей теплоснабжения с кипящей тяжелой водой в 1-м контуре.

Интересна судьба другой идеи «о размножении котлов», которую первоначально сформулировали Алиханов А.И. и Флеров Г.Н. в 1945 году. Расчетное обоснование этой идеи провели в первой половине 1946 года сотрудники Лаборатории №2 АН СССР Флеров Г.Н. и Гуревич И.И. в своих докладах «Ядерный котел с замедлением нейтронов в простой воде» (27.05.1946) [7] и «Саморазмножающиеся системы для производства плутония» (29.07.1946) [8]. В этих докладах авторы отметили, что «котлы с природным ураном и простой водой дадут 5-10 г плутония в сутки и поэтому они не представляют интереса для техники». Поэтому Флеров Г.Н. и Гуревич И.И. предложили ядерный реактор с нейтронным генератором в центре активной зоны и мультипликатором из природного урана (или тория) на периферии с охлаждением простой водой. Одним из возможных способов введения плутония, отмечали они, является равномерное обогащение всей массы урана. Однако это невыгодно с теплотехнической точки зрения, лучше, если плутоний помещается в центре активной зоны в смеси с простой водой и образует водно-плутониевый котел, с большой утечкой нейтронов. Эта центральная часть — нейтронный генератор — окружается оболочкой, состоящей из блоков обычного урана и замедлителя. Вследствие этого на каждый поглощенный нейтрон вылетает из генератора 0,8 нейтрона, а умножение плутония при этом может достигнуть величины 2,5.

Пользуясь современной терминологией, следует отметить, что Флеров Г.Н. и Гуревич И.И. предложили по крайней мере две идеи:

1) «генераторный котел» (бридер) на тепловых нейтронах для эффективного воспроизводства ядерного топлива;
2) принцип конструирования активной зоны реакторов на быстрых нейтронах.

Как известно, современные бридеры имеют активную зону с плутониевой загрузкой, боковой, верхний и нижний торцевые экраны с обедненным или природным ураном, аналогично тому, как предлагали Флеров Г.Н. и Гуревич И.И. еще в 1946 году.

В конце 1946 года начальник ПГУ председатель НТС Ванников Б.Л. дал поручение Ученому секретарю НТС Позднякову Б.С. на основе имеющихся предложений советских ученых подготовить план работ по использованию тепла ядерных реакций для рассмотрения на НТС. Такой «Общий план работ» был подготовлен и рассмотрен на заседании НТС от 24.03.47 [9]. В решении НТС от 24.03.47 [9] отмечалось, что следует приступить к научно-исследовательским и подготовительным проектным работам по использованию энергии

ядерных реакций для энергосиловых установок, имея в виду заблаговременно подготовить развитие работ в этом направлении. В «Общем плане работ» указывалось на возможности использования природного и обогащенного урана для энергетических установок различного назначения. Первым пунктом плана намечалась разработка двигателя для реактивного самолета мощностью 5000-7500 л.с. с дальностью и скоростью полета соответственно 30000 км и 800 км/час. Отмечалось, что одним из возможных решений по защите команды самолета от радиоактивных излучений может быть применение воздушного поезда, состоящего из самолета и буксируемого им планера, на котором размещаются летчики.

Второе направление — это разработка силовой установки для подводного корабля мощностью 40000 л.с. с газотурбинным или паротурбинным циклом, обеспечивающей автономность плавания 30000 миль со скоростью подводного (и надводного) хода 40 узлов (74 км/час). Как отмечает автор плана Позднякова Б.С., по своим характеристикам корабль объединяет подводную лодку и эскадренный миноносец, способный осуществить кругосветное путешествие и пройти по Северному Морскому Пути в зимнее время. Утверждение Позднякова Б.С., сделанное в конце 1946 года, подтвердилось через 10 лет. Атомная подводная лодка «Ленинский Комсомолец» совершила в 1966 году кругосветное подводное плавание.

Третье направление — создание энергосиловой установки мощностью 150000 кВт для производства электрической энергии.

Одновременно НТС возложил общее научное руководство этими работами, консультации по обсуждавшимся проектам на членов НТС «физиков тт. Курчатова И.В., Алиханова А.И., Семенова Н.Н., ближайшей задачей которых является разработка совместно с руководителями ведущих проектно-конструкторских групп координирующих технических заданий по энергосиловым установкам». Для организации работ предлагалось утвердить «основными научными руководителями» следующие институты:

- по самолетной установке — Институт-1 (ныне Институт химической физики) — директор Семенов Н.Н.;
- по корабельной установке — Институт-3 (ныне ГНЦ РФ Институт теоретической и экспериментальной физики) — директор Алиханов А.И.;
- по электростанции — Институт-2 (ныне ГНЦ РФ Курчатовский институт) — директор Курчатов И.В..

Эти организации должны были выполнить физико-технические расчеты, необходимые физические исследования и эксперименты, разработать задания на рабочее проектирование и обеспечить научное руководство инженерно-конструкторскими организациями.

Были намечены и сроки выполнения работ:

- теоретические расчеты и схемы физических процессов с выяснением основных характеристик реакторов — I полугодие 1947 года;
- эскизные проекты силовых установок с выяснением характеристик объекта в целом — II-е полугодие 1947 года;
- утверждение рабочих проектов (проектных заданий) силовых установок и объектов в целом и плана строительства объектов — I квартал 1948 года.

План также предусматривал график обсуждения научно-технических вопросов по этим направлениям на заседаниях НТС.

Одно из интересных предложений было сформулировано сотрудниками лаборатории № 2 Фейнбергом С.М. и Фурсовым В.С. в докладе «Обогащенные котлы» (апрель 1947 г.), касающееся использования уран-графитовых реакторов с газовым теплоносителем [10]. Фейнберг С.М. и Фурсов В.С. указывали, что газовое охлаждение позволяет снизить до минимума потери нейтронов, обусловленные поглощением «в охлаждающих приспособлениях, если газовые каналы устраиваются либо прямо в графите, либо из тонкого слоя металла, слабо поглощающего нейтроны». Обращает на себя внимание акцент на выбор и изучение теплоносителя, сделанный Фейнбергом С.М. и Фурсовым В.С. В перечне теплоносителей, указанном в тексте их записки, на первом месте стоит гелий. Как известно, гелий нашел применение в качестве теплоносителя в существующих и разрабатываемых немногочисленных высокотемпературных реакторах с гелиевым охлаждением. Кроме гелия, Фейнберг С.М. и Фурсов В.С. предлагали включить в план НИОКР также изучение возможности использования воздуха, азота и пароводяной смеси. Надо сказать, что воздух и азот серьезно не рассматривались в качестве теплоносителя, а идея использования водяного тумана в качестве теплоносителя быстрого реактора снова появилась в головах специалистов-реакторщиков несколько лет тому назад. Оригинальной в рассматриваемом предложении была конструкция активной зоны. Для обеспечения увеличенной поверхности теплосъема, требующейся в реакторе с газовым теплоносителем, авторы предложили выполнить активную зону в виде набора гладких или ребристых пластинок из графита толщиной несколько см. Для защиты от окисления предполагалось покрывать графит тонким слоем бериллия или слоем алюминия толщиной 0,1 мм.

К середине мая 1947 г. в ПГУ имелся ряд предложений о разработке новых типов ядерных реакторов, наряду с промышленными реакторами, что позволило НТС обсудить их на заседаниях 5, 12, 19 и 26 мая 1947 года [11]. В частности, рассматривалась возможность увеличения производительности промышленных реакторов по плутонию. Намечалась возможность использования слабо обогащенного урана (0,9 – 1,0%) в промышленных уран-графитовых реакторах, что позволило бы уменьшить размеры реакторов и массу загружаемого природного урана, понизить требования к чистоте материалов, увеличить в несколько раз количество плутония за технологический цикл, сократить затраты на строительство радиохимического завода и цехов по изготовлению ТВЭЛов. Применение слабо обогащенного урана позволило бы реализовать ториевый цикл.

В констатирующей части решения НТС указывается:

«... п.8. Повышение производительности реакторов для выработки на одной установке большого количества полезного продукта и использования тепла для энергетических целей вызывает желательность создания систем реакторов с отводом тепла при температуре 600-800°С мощностью 1,0-10000,0 кВт на 1 куб. м (по данным Курчатова И.В. и Позднякова Б.С.).»

Следует особо подчеркнуть, что на основании выполненных в Лаборатории №2 расчетов Курчатов И.В. впервые доложил о принципиальной возможности «более

полного использования урана-238 и плутония в реакторах при применении процесса на быстрых нейтронах»: загрузка реактора на быстрых нейтронах будет состоять из обогащенного урана (с обогащением по урану-235 до 10% и выше) массой около 2 тонн. Курчатов И.В. отмечает, что в идеальном реакторе на 1 кг разделившегося вещества из урана-238 может получиться 1,2-1,9 кг нового ядерного топлива — плутония. Другими словами, в записке И.В. Курчатова говорится об идее конвертера на быстрых нейтронах с обогащенным ураном, которая была реализована в 70-е годы в проектах реакторов на быстрых нейтронах БН-350 и БН-600.

На заседании НТС 26.05.1947 г. были одобрены разработки проектов следующих ядерных реакторов [11]:

1. реактор на обогащенном (0,8-2,0%) уране;
2. реактор-конвертер по схеме, предложенной Флеровым Г.Н. и Гуревичем И.И. [7, 8];
3. тяжеловодные реакторы 3-х модификаций (научный руководитель ТТЛ):
   — на природном уране с охлаждением простой водой (1-й вариант) и тяжелой водой (2-й вариант);
   — на природном уране и плутонии с охлаждением тяжелой водой;
4. реактор с бериллием в качестве замедлителя (научный руководитель Лейпунский А.И. и лаборатория «В»).

В течение 1947 г. в научных организациях, занимающихся ядерными реакторами, продолжалось, как сейчас принято говорить, концептуальное изучение идей, относящихся к различным направлениям реакторостроения. Это позволило Курчатову И.В. обобщить эти предложения в своей записке к плану перспективных научных и проектных работ на 1948 г. [12]. Курчатов И.В. предлагал предусмотреть разработку проектов следующих ядерных реакторов:

1. Уран-графитовых реакторов с газовым охлаждением:
   а) на обогащенном уране с торием и на гелиевом охлаждении, мощностью не менее 500 тыс. кВт (тех. проект);
   б) на природном или слабо обогащенном уране, с воздушным охлаждением, мощностью не менее 150-200 тыс. кВт (эскизный проект).
2. Уран-графитового реактора на обогащенном уране с ториевой вставкой, на водяном охлаждении, мощностью не менее 300 тыс. кВт (тех. проект).
3. Промышленного реактора уран-тяжелая вода, с торием, мощностью не менее 150-200 тыс. кВт.
4. Ядерного реактора на обогащенном уране с газовым охлаждением, бериллиевым замедлителем мощностью не менее 150-200 тыс. кВт.

В предложениях по плану работ предусматривались также теоретические исследования с составлением рабочего задания на разработку проекта реактора на быстрых нейтронах мощностью не менее 500 тыс. кВт.

НТС рассмотрел эти предложения Курчатова И.В. на своем заседании 9 февраля 1948 г. [13] и утвердил «План новых научно-исследовательских и проектных работ по реакторам на 1948 г.» [14], определив ответственных исполнителей по каждому проекту. В указанном плане предусматривалось:

— проведение физических расчетов в обоснование предварительного технического задания реактора на обогащенном уране с гелиевым охлаждением

мощностью 500 тыс. кВт (основные исполнители — Лаборатория № 2, Курчатов И.В., Фейнберг С.М.);
- исследование свойств урана и плутония и их карбидов и окислов при высоких температурах (основные исполнители — Институт им. Карпова — Жаворонков Н.М., Ормонт Б.Ф. и ВИАМ — Акимов Г.В.);
- проведение расчетов с эскизами реактора с газовым охлаждением на природном или обогащенном уране мощностью до 200 тыс. кВт (основной исполнитель — Институт физических проблем, Александров А.П.);
- разработка проектного задания реактора с водяным охлаждением на слабо обогащенном уране мощностью до 300 тыс. кВт (основные исполнители — Лаборатория № 2, Фейнберг С.М., Фурсов В.С., Певзнер М.П., НИИХиммаш — Доллежаль Н.А., ГСПИ-11 — Гутов А.И., ВИАМ — Амбарцумян Р.С., ОКБ-2 — Абрамов А.С., ВТИ — Прохоров Ф.Г., ОКБ Гидропресс — Шолкович Б.Л.);
- разработка тяжеловодного реактора с обогащенным и природным ураном с выдачей технического задания.

Были определены следующие основные исполнители по тяжеловодному реактору:
- Лаборатория № 3 (Владимирский В.В.), ЦКТИ — (Шубенко Л.А.), ГСПИ-11 — (Гутов А.И.).
- Разработка проектного задания реактора на обогащенном уране с бериллиевым замедлителем и газовым охлаждением мощностью до 50 тыс. кВт. Основной исполнитель — Институт «В» (Позе, Рексер, Полянский).

В указанном плане было предусмотрено также проведение теоретических расчетов реактора на быстрых нейтронах (отв. Фейнберг С.М.).

В конце 1949 г. впервые была официально сформулирована цель разработки ядерных реакторов с гелиевым теплоносителем. Приведем выдержку из решения НТС ПГУ от 29.11.1949 г. [15].

« 1. Учитывая необходимость ведения работ по разработке и проектированию энергетических ядерных установок и изучения вопросов о применении их в первую очередь в качестве судовых двигателей для крупных кораблей и подводных лодок, где особо существенную роль будет играть компактность этих ядерных установок, считать необходимым продолжать дальнейшую разработку в ЛИП, ИФП АН СССР и Лаборатории «В» ядерных реакторов с гелиевым охлаждением, предназначенных для энергетического использования».

На этом заседании была принята рекомендация о сооружении в течение 1950 г. и первой половины 1951 г. на территории Лаборатории «В» в первую очередь гелиевого реактора с графитовым замедлителем, предусмотрев «одновременно сооружение и подготовку места для установки в дальнейшем реактора с бериллиевым замедлителем по проекту ГСПИ-11 и Лаборатории «В»».

Большую записку «Атомная энергия для промышленных целей» от 4.11.1949 г. [16] подготовил и направил в ПГУ начальник сектора № 14 Лаборатории № 2 д-р физ.-мат. наук Фейнберг С.М. перед заседанием НТС от 29.11.1949 г. В своей записке Фейнберг С.М. отмечал, что «проведенные расчеты некоторых схем указывают на возможность сооружения мощных малогабаритных

атомных котлов с размерами активной зоны менее 1 м и мощностью порядка до 100000 кВт по теплу при затрате 5-10 кг ядерного горючего». Он также указывал, что «наиболее громоздкой частью сооружения оказывается защита от нейтронного и гамма-излучения, которая, по-видимому, не может быть сделана меньшей, чем 3,5 м в диаметре и 100-200 т весом. Охлаждающим агентом и рабочим телом двигателя может быть вода, газ и жидкие металлы и соли. Двигатели — паровые или газовые турбины». Фейнберг С.М. считал, что первоочередной задачей является создание флота подводных лодок с атомными двигателями. По его мнению, для каждой подводной лодки достаточно мощности двигателя 10000 кВт или, при кпд около 20%, – 50 тыс. кВт, при условии возможности автономного плавания до 100 суток на крейсерской скорости. В системах с газовым и металлическим охлаждением замедлителем может быть графит или бериллий. Фейнберг С.М. обосновывал в своей записке необходимость работ по двигателям для авиации и для получения электроэнергии, «производителям с использованием бросового тепла для получения электроэнергии», двигателям с радиоактивным топливом (без автономного котла) и внес ряд организационных предложений по этим направлениям.

В день проведения НТС по рассмотрению предложений по гелиевым реакторам 29.11.1949 г. в ПГУ состоялось техническое совещание, на котором присутствовали Курчатов И.В., Алекандров А.П., Доллежаль Н.А. и Поздняков Б.С. и на котором сделал сообщение Доллежаль Н.А. [17]. Доллежаль Н.А. доложил о том, что в НИИХиммаше ведется разработка предварительного проекта реактора для энергетических целей. Было рекомендовано осуществить разработку в НИИХиммаше 2 вариантов уран-графитового реактора с водяным охлаждением:

1. промышленного уран-графитового реактора типа АВ с одновременным использованием тепла для энергетических целей и производством плутония;
2. на слабо обогащенном уране, «с небольшими габаритами, только для энергетических целей».

Было рекомендовано включить эти работы в план 1950 г. Предусматривалось применение обогащенного до 4,5% урана (около 1 т), природного урана (15-20 т) и тория (10-20 т). Было решено также провести испытания «на реакторе АВ 10-20 опытных каналов, работающих в режиме использования тепла для энергетических целей».

Решение совещания от 29.11.1949 г. [17], которое было утверждено первым заместителем начальника ПГУ Завенягиным А.П. 30.11.1949 г., является основополагающим по двум причинам. Во-первых, этим решением положено начало работам по двухцелевым промышленным уран-графитовым реакторам типа ЭИ-2 и АДЭ, которые были впоследствии сооружены на Сибирском химическом комбинате вблизи г. Томска и Красноярском Горно-химическом комбинате. Во-вторых, этим решением положено начало работам по корабельным энергетическим реакторам и первой в мире АЭС, т.е. созданию в СССР ядерной энергетики.

Уже к 10 декабря 1949 г. на основании решения совещания от 29.11.1949 г. был составлен проект плана по энергосиловым установкам [18]. Представляет

интерес полностью привести содержание пункта 4 этого плана:

«4. Установка на 25 тысяч кВт для подводной лодки или надводного корабля.

Научный руководитель т. Курчатов И.В.

Разработка и сооружение опытного образца силовой установки с кристаллизатором на увлажненном кремниле (2-4%) с водяным охлаждением и паровыми турбинами на 25 тысяч квт, для подводной лодки (или надводного корабля) с одновременной разработкой проекта сооружения или переоборудования соответствующего корабля, приспособленного для большой скорости хода, многосуточного пребывания под водой и длительных рейсов без пополнения запасов».

Сроки выполнения

а) теоретические расчеты реактора	март 1950 г.	ЛИП, т. Курчатов
б) плановое задание на разработку реактора и силовой установки (согласование с СКБ)	май 1950 г.	НИИХИММАШ, т. Доллежаль
в) научно-исследовательские работы	1950 г.	т. Курчатов
г) проектное задание на разработку энергосиловой части установки	октябрь 1950 г	НИИХИММАШ, СКБ
д) проектное задание на корабль	декабрь 1950 г.	СКБ
е) технический проект энергосиловой установки	I кв. 1951 г.	НИИХИММАШ, СКБ
ж) сооружение установки в виде бомбозащитной электростанции и окончание ее монтажа	I кв.1951 г.	Главпром, МТМ, ММиП
з) окончание испытаний установки	I полуг. 1952 г.	ЛИП, СКБ, НИИХИММАШ
и) окончание технического проекта корабля	I полуг. 1952 г.	СКБ

Примечание: кристаллизатор — условное обозначение ядерного реактора, кремнил — условное обозначение уранового топлива.

На основании проведенных специалистами расчетных исследований и предложений и многочисленных обсуждений на НТС и технических совещаниях в ПГУ, в соответствии с поручением Спецкомитета от 18.11.1949 г., Курчатов И.В. и Поздняков Б.С. подготовили обстоятельную докладную записку «Использование тепла энергосиловых установок» [19], направленную в Спецкомитет с сопроводительным письмом от 27.01.1950 г., подписанным Курчатовым И.В., Завенягиным А.П., Первухиным М.Г., Доллежалем Н.А. и Емельяновым В.С. [20]. В сопроводительном письме в Спецкомитет от 04.02.1950 г. руководители ПГУ полностью поддержали предложения, содержавшиеся в указанной «Записке». Подписавшиеся под сопроводительным письмом руководители считали необходимым вести работы по следующим направлениям:

1. Разработка проектов уран-графитовых атомных котлов на природном уране при повышенной температуре охлаждающей воды, позволяющих наряду с производством плутония использовать тепло охлаждающей воды для выработки электроэнергии.
2. Разработка проектов тепловых установок на атомной энергии с применением обогащенного урана для морских судов, в особенности — подводных лодок.

3. Изучение способов осуществления самолетного двигателя на атомной энергии, в особенности — реактивного типа.
4. Разработка технологического процесса более полного использования тория в атомных котлах, предназначенных для работы на электростанциях.
5. Изучение биологических процессов, свойств материалов и вопросов ядерной химии в поле излучений атомных котлов. Использование для тех же целей и для металлургии, химии и других отраслей народного хозяйства радиоактивных изотопов.

Изучение «Записки» Курчатова И.В. и Позднякова Б.С. показывает, что в ней были сформулированы следующие идеи:

1. Одновременное производство плутония для ядерных зарядов и энергии (двухцелевое использование промышленных уран-графитовых реакторов, использующих в качестве ядерного топлива природный уран).
2. Применение обогащенного урана в ядерных реакторах для производства энергии и развитие стационарных энергетических реакторов.
3. Использование ядерных реакторов с гелиевым теплоносителем в качестве энергосиловой установки для кораблей и подводных лодок.
4. Использование бериллия в качестве замедлителя ядерного реактора для двигателя самолета с высокими температурами процесса.
5. Принципиальная возможность производства оружейного плутония или урана-233 в энергетических реакторах с уменьшением выработки электроэнергии в случае необходимости.
6. Принципиальная возможность замены промышленных плутониевых реакторов на энергетические реакторы для производства оружейного («кондиционного») плутония в случае, если удастся «найти способ экономического разделения изотопов плутония».
7. Возможность осуществления резервных подземных АЭС, которые могут быть размещены вблизи крупных административных и промышленных центров и которые могут использоваться для покрытия пиковых нагрузок как по электроэнергии, так и по тепловой энергии.
8. Необходимость создания экспериментальной базы для изучения особенностей работы ядерных реакторов, особенно при высоком энерговыделении.
9. Влияние разработки и изучения энергетических реакторов на развитие новых способов получения электроэнергии (газовые турбины, увеличение коэффициента полезного действия по преобразованию тепла).
10. Необходимость создания экономичной атомной энергии.

Из этого перечисления видно, что в указанной выше «Записке» содержались важные научно-технические идеи, ряд которых был реализован впоследствии.

Спустя примерно 2 месяца после обсуждения проекта реактора АМ в ПГУ у начальника ПГУ Ванникова Б.Л. 11.02.1950 г. состоялось большое совещание, на котором присутствовали Завенягин А.П., Курчатов И.В., Первухин М.Г., Славский Е.П., Павлов Н.И., Доллежаль Н.А., Зверев А.Д., Поздняков Б.С., Шолкович Б.М., Ермаков Г.В., Кружилин Г.Н., Скворцов С.А., Гончаров В.В., Фейнберг С.М., Гуревич И.И., Алещенко П.И. [21]. На совещании вновь было заслушано сообщение Доллежаля Н.А. о предварительном проекте корабельного

энергетического реактора на обогащенном уране, с графитовым замедлителем и водяным (под давлением) охлаждением с мощностью паровой турбины около 25000 кВт, что соответствовало тепловой мощности 150000 кВт. Размеры активной зоны 1,5 м (диаметр) × 1,5 м (высота), количество графита 5 т, загрузка 3% урана 700-800 кг, давление в 1 контуре 100 атм.

Итогом обсуждения предварительного проекта реактора АМ явились важные решения начальника ПГУ Ванникова Б.Л., послужившие основой для развертывания работ по реактору АМ и, в дальнейшем, по другим типам реакторов. Доложенный Доллежалем Н.А. предварительный проект реактора АМ был принят «в качестве исходного проекта энергетического реактора на обогащенном уране с графитом и охлаждением водой». Было также принято следующее решение:

«II. Считая важнейшей задачей первого периода принципиальное подтверждение на опытных установках практической возможности преобразования тепла ядерных реакций атомных установок в механическую и электрическую энергию промышленного значения, а также учитывая при этом ограниченные ресурсы расщепляющихся материалов, приступить к проектированию и сооружению энергосиловой установки на атомной энергии с графитом, обогащенным ураном и отводом тепла водой при полезной электрической мощности в 5000 кВт. Было также определено место для размещения этой энергосиловой установки:

1. Принять предложение ПГУ о сооружении на территории Лаборатории «В» экспериментальной установки полупромышленного типа (установка АМ) мощностью по тепловыделению в 30 тыс. кВт и 5 тыс. кВт по паровой турбине, использующей обогащенный до 3-5% уран в количестве 300 кг для этого реактора с графитовым замедлителем и водяным охлаждением.
   Для обоснования проекта реактора АМ было решено выполнить следующие экспериментальные работы:
   — Изучить отвод тепла водой в тепловыделяющем элементе при тепловой напряженности, соответствующей установке АМ (проектирование экспериментальной установки с тепловыделением до 75 кВт, сооружение ее, экспериментальные работы); срок — III кв. 1950 г.;
   — Исследовать условия охлаждения графита (разработка метода исследования, проектирование и изготовление экспериментальной установки, исследовательские работы); срок — III кв. 1950 г.;
   — Изучить гидродинамические характеристики тепловыделяющего элемента в собранном виде в натуральную величину (разработка чертежей, изготовление элемента, оборудование стенда, проведение исследований); срок — IV кв. 1950 г.;
   — Исследовать теплопроводность биметаллической трубки тепловыделяющего элемента (разработка методики, изготовление стенда, проведение исследований); срок — IV кв. 1950 г.;
   — Разработать на основе проведенных исследований экспериментальный тепловыделяющий канал для проверки его на опытной установке МР Лаборатории № 2, в условиях действия интенсивных облучений; срок — I кв. 1950 г».

В решении начальника ПГУ были даны многочисленные поручения Лаборатории № 2 (Курчатову И.В.), НИИХиммашу (Доллежалю Н.А.), ГСПИ-11 (Гутову А.И.), НИИ-9 (Шевченко В.Б.), Физико-техническому институту АН УССР, заводу № 12 (Каллистову А.Н.), Центроэлектромонтажу (Раковскому), ОКБ-12 (Абрамову А.С.), Союзпроммеханизации (Когану), Министерству машиностроения и приборостроения (Паршину), Министерству черной металлургии (Кузьмину), Министерству финансов СССР (Звереву) по обеспечению разработки проекта реактора АМ.

Таким образом, началом разработки реактора первой в мире АЭС, который планировался первоначально в качестве энергетической установки подводной лодки, следует считать период 29.11.1949 — 11.02.1950 гг.

В конце марта 1950 г. ПГУ подготовило и направило в правительство развернутую записку, подписанную Завенягиным А.П. и Поздняковым Б.С., в обоснование плана работ на 1950 г. по использованию атомной энергии в народном хозяйстве [22]. В этой записке говорилось об использовании тепла промышленных уран-графитовых реакторов и большом значении ядерной энергии для двигателей морских кораблей и самолетов. Новой идеей было предложение об использовании атомных взрывов для строительных целей и в горном деле и , вследствие важности этой проблемы, предлагалось провести расчеты и исследования эффективности взрывов, степени радиоактивной загрязненности местности и разработать меры борьбы с этим загрязнением. Однако значительная часть записки была посвящена использованию ядерных реакторов на кораблях. В применении к кораблям и подводным лодкам оказывается возможным осуществить силовые установки большой мощности, позволяющие идти под водой любое время с той же скоростью, как и в надводном положении; радиус действия кораблей может быть практически не ограниченным. Морской флот, улучшая свои эффективные характеристики, может стать подводным во всех классах кораблей. Для простейшего морского атомного котла с водяным охлаждением под давлением и паровой турбиной 5-10 тыс. кВт на винтах потребуется около 300—600 кг урана, обогащенного до 3%. Вес такого котла около 40-60 т.

В плане на 1950 г. предусматривалась разработка технического проекта такого уран-графитового котла при научном руководстве Курчатова И.В. силами НИИХиммаша (Доллежаль Н.А.). Отмечалось, что предварительный проект этого реактора разработан. Реактор предполагается построить в Институте «В» с турбиной 5 тыс. кВт, с целью проверки его конструкции и эксплуатационной надежности. По этому образцу можно будет осуществлять котлы для подводных лодок такой же и более высокой мощности. Почти в 2 раза более экономичным должен быть котел с газовым охлаждением (гелием), так как он позволяет получить нормально перегретый пар с температурой 400-500°С при давлении 30-60 атмосфер. Если газовое хозяйство не окажется слишком сложным, то такой котел будет пригоден для мощных судовых установок — 50-100 тыс. кВт на винтах и для подземных электростанций. В указанной записке предлагается построить в Лаборатории «В» уже 3 опытных реактора: 2 — с гелиевым охлаждением для судов и самолетов и 1 — с водяным охлаждением и графитовым

замедлителем с таким расчетом, чтобы для всех реакторов тепломеханическая часть (турбина и т. д.) были общими.

Таким образом, новыми моментами в этой записке было краткое упоминание о возможности использования мирных ядерных взрывов, сооружения подземной АЭС и применения жидкометаллического охлаждения реактора с бериллиевым замедлителем.

6 мая 1950 г. Спецкомитет принял решение о представлении проекта Постановления «Об организации научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работ в области использования атомной энергии в мирных целях» на утверждение Председателя Совета Министров СССР Сталина И.В. [23]. Постановление Совета Министров СССР было подписано Сталиным И.В. 16.05.1950 г. [24]. В этом постановлении было принято «предложение ПГУ об организации научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работ по изысканию способов использования атомной энергии для мирных целей в направлении разработки тепловых энергетических установок на обогащенном уране-235» и утвержден представленный ПГУ план работ. ПГУ было поручено представить в двухмесячный срок мероприятия «по обеспечению постройки в Лаборатории «В» опытной энергетической установки мощностью по паровой турбине до 5 тыс. кВт, с 3-мя опытными реакторами на обогащенном уране-235 (уран-графитовый реактор с водяным охлаждением, уран-графитовый реактор с газовым охлаждением и уран-бериллиевый реактор с газовым охлаждением или расплавленным металлом), предусмотрев ввод установки в 1951 г.» Этим постановлением были даны соответствующие поручения Министерствам, институтам и конструкторским бюро по разработке реакторов.

Указанное постановление Совета Министров СССР следует считать *первым государственным* документом, одобрившим работы по созданию энергетических реакторов для стационарных АЭС, корабельных и авиационных установок. Дату подписания Постановления 16 мая 1950 г. можно считать, по нашему мнению, началом конверсии военной атомной промышленности.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ознакомление с архивными документами, относящимся к начальному этапу создания атомной промышленности бывшего СССР, свидетельствует о самостоятельном и оригинальном подходе советских специалистов к решению основных проблем атомной энергетики. Многие из этих идей были реализованы в последующие периоды, а некоторые из них остаются актуальными в настоящее время. Целесообразно продолжить изучение архивных документов в качестве основы для дальнейшего развития атомной промышленности. Также целесообразно изучить возможность проведения международных конференций по истории атомной науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Государственного Комитета Обороны (ГОКО) об образовании Спецкомитета ГОКО по атомной энергии, Технического Совета Спецкомитета и Первого Главного управления (ПГУ) при СНК СССР от 20.08.1945 г. N 9887.
2. Письмо Президента АН СССР Вавилова С.И. заместителю Председателя СМ СССР Берии Л.П. с предложениями об организации работ, связанных с проблемой ядра, с перечнем тем научно-исследовательских работ. АПРФ. Ф93. д. 211/46, стр. 1-6.
3. Протокол заседания НТС № 43 от 21.10.1946 г., ООФ., Ф. 2, оп. 2, д. 43, стр. 1-3.
4. Протокол заседания НТС № 8 от 13.11.1945 г., ООФ., Ф. 2, д. 47709, стр. 5.
5. Протокол заседания НТС № 2 от 5.09.1945 г., ООФ., Ф. 2, д. 47708, стр.1-17.
6. Алиханов А.И., Доклад на НТС, 13.05. 1946 г. арх.655, стр. 109-125.
7. Флеров Г.Н., Гуревич И.И. Ядерный реактор с замедлением нейтронов на простой воде. Доклад на НТС 27.05. 1945 г.
8. Флеров Г.Н., Гуревич И.И. Саморазмножающиеся системы для производства плутония. Доклад на НТС 29.07. 1945 г.
9. Протокол заседания НТС № 66 от 24.03. 1947 г., ООФ., Ф. 2, оп. 2, д. 66, стр. 2-22.
10. Фейнберг С.М., Фурсов В.С.. Обогащенные котлы. Апрель 1947 г., арх. 50418, стр. 10-13.
11. Протокол заседания НТС № 76 от 26.05. 1947 г., ООФ., Ф. 2, оп. 2, д. 76, стр. 2-10.
12. Курчатов. И.В. План перспективных научных и проектных работ на 1948 г. (материал Курчатова И.В. к заседанию НТС от 09.02.48), арх. 2-2-109.
13. Решение НТС от 09.02. 1948 г., протокол № 109, арх. 2-2-109.
14. План новых научно-исследовательских и проектных работ на 1948 г., арх. 2-2-112.
15. Решение НТС от 29.11. 1949 г., протокол № Т-21, ООФ., Ф. 2, оп. 2, д. 167, стр. 10-13.
16. Записка Фейнберга С.М. «Атомная энергия для промышленных целей», АПРФ, Ф. 93, д. 18/50, стр. 341-350.
17. Протокол совещания в ПГУ при СМ СССР о проектах энергетических графитовых реакторов. ООФ., Ф. 2, д. 21379/3, стр. 1-3.
18. Проект исходного плана работ по энергосиловым установкам от 10.12. 1949 г., арх. 50420, стр. 70-73.
19. Докладная записка Курчатова И.В. и Позднякова Б.С. «Использование тепла для энергосиловых установок». АПРФ, Ф. 93, д. 18/50, стр. 350-365.
20. Записка членов НТС ПГУ и Спецкомитета при СМ СССР председателю Спецкомитета Берии Л.П. с предложениями о создании энергетических реакторов и развитии других направлений мирного использования атомной энергии от 27.01. 1950 г., АПРФ, Ф. 93, д. 18/50, стр. 371-372.
21. Протокол совещания у начальника ПГУ при СМ СССР Ванникова Б.М. о разработке корабельного ректора АМ и экспериментальной установки такого же типа от 11.02. 1950 г. , ООФ., Ф. 2, д. 26804, стр. 10-18.
22. Письмо ПГУ при СМ СССР председателю Спецкомитета при СМ СССР Берии Л.П. о типах энергетических реакторов, предлагаемых для строительства от 4.02. 1950 г., АПРФ, Ф. 93, д. 18/50, стр. 379-380.
23. Протокол заседания Спецкомитета при СМ СССР № 95 от 6.05. 1950 г., АПРФ, Ф. 3, оп. 47, д. 9, стр. 56.
24. Постановление СМ СССР № 2030-788 «О научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работах по использованию атомной энергии для мирных целей» от 16.05. 1950 г., АПРФ. Коллекция постановлений СМ СССР.

«ДЕСАНТ» ВЫПУСКНИКОВ ФИЗФАКА МГУ 1955 ГОДА В ЧЕЛЯБИНСК-70

Ломинадзе Дж.Г.

Мы — дети XX века, грандиозного своими событиями, века великих перемен, революции, войн и, наконец, великих научных достижений. Мы – дети войны; дети пяти лет тяжелых, долгих, холодных и темных ночей. Поколение, которое ни на одну секунду не сомневалось в нашей победе. В первые годы войны в моей детской памяти навсегда осталось одно удивительное обстоятельство: не подчиняясь никакой логике вещей, в сводках Совинформбюро сообщая о наших отступлениях на фронтах к южным рубежам, к Закавказью, тогда очень знаменитый диктор радио Левитан передачу всегда заканчивал своим изумительным патетическим и громовым голосом знаменитой фразой: «Победа будет за нами!». Победа пришла! Не только мы, весь мир праздновал это великое событие. Мы, юные люди, вместе со всеми ликовали и принимали участие в общем празднике.

Увиденное и пережитое в годы Великой Отечественной войны оставило глубокий след в нашем сознании, формируя нас и ставя на первый план такие человеческие ценности, как беззаветная любовь к своей Родине, к труду и страсть к познанию.

Мы, дети, верили в любовь к ближнему; с радостью посещали военный госпиталь, дежурили у раненых, устраивали детские концерты и ставили пьесы; с большим сочувствием и вниманием относились к эвакуированным сверстникам. В Тбилиси очень много семей селили у себя дома беженцев; у нас жили эвакуированные из Москвы — семья Белоусовых. Для Грузии, Тбилиси, для интеллигенции было очень почетно, несмотря на лихолетье, принимать и по возможности помогать труппе МХАТа, эвакуированной из Москвы. Мой отец принимал самое горячее участие в их устройстве.

Осталось замечательное фото коллектива МХАТа в память о пребывании в Тбилиси в годы войны. До конца дней своих мне трудно забыть и ту обстановку, которая была связана с выселением немцев, проживающих в Грузии. Я жил в районе, где было много немецких семей. Мы, дети, привыкли к их немецкой речи, но когда началось их выселение, я услышал, как мать одного немецкого мальчика, который заговорил с ней на немецком языке, испугавшись, сказала ему: «Не говори на собачьем языке». Я был поражен, не понимая связи языка с собакой. Они были напуганы, встревожены и чувствовали безнадежность своего положения.

Мы, молодые, восхищались героизмом и самоотверженностью наших воинов. Мы тоже хотели совершать героические поступки.

Неописуемая радость великой Победы, ставшей для нас естественным, понятным и логичным завершением в этой войне, вскоре сменилась некоторым замешательством, чем-то непонятным в связи с уничтожением американскими военно-воздушными силами двух японских городов — Хиросимы и Нагасаки сверхмощными бомбами. Я был потрясен до глубины души. После войны, несмотря на то, что не было семьи, где не было бы горя, где бы не оплакивали погибших на войне — жизнь продолжалась! И тогда, в те тяжелые годы войны, и после нее человек жил «не хлебом единым».

Москва, далекая и прекрасная, со своим парадом Победы, просто парадами, парадами авиации, фейерверками, замечательным университетом и строительством нового грандиозного здания на одной из высших точек Москвы притягивала нас к себе. Она была Меккой науки. Здесь, наряду с другими науками, развивалась и новая современная физика, изменившая мир и сыгравшая огромную роль в научной революции. В стране шли грандиозные восстановительные работы, жизнь налаживалась; все делалось для блага народа и мира, но, увы, в 1949 году СССР взорвал первую атомную бомбу. Шло неимоверное соревнование в гонке вооружений между СССР и США.

Удивительно, почему человек, стремившийся познать природу и развивать науку во благо себе, вложил огромные усилия, создавая оружие огромной разрушительной силы, способное уничтожить человеческую цивилизацию. Этот вопрос будет вставать еще не раз для многих следующих поколений. Стремительно развивалась физическая наука страны; создавались институты, молодежь увлекалась физикой. Это увлечение не обошло и меня. Когда я был еще школьником, отец принес мне книгу Г.Д. Смита «Атомная энергия для военных целей». Прочитав книгу, я твердо решил стать физиком. Конечно, тогда я еще плохо понимал суть физических процессов, описанных в книге, но я понял, что в физике произошли огромные изменения, получены сверхновые достижения, которые понятны лишь только ограниченному числу физиков. Москва превратилась в центр физической науки; здесь трудились гениальные ученые — Л.Д. Ландау, П.Л. Капица, И.Е. Тамм, Я.Б. Зельдович, А.Б. Мигдал, М.А. Леонтович, Н.Н. Боголюбов и другие. Поездка в Москву и поступление в Московский Университет превратились в мою мечту. Она сбылась, и я в 1951 году поступил в Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова на физический факультет в спецгруппу. Дипломную работу я выполнил в Институте атомной энергии у академика А.Б. Мигдала, замечательного ученого, разностороннего и интересного человека. Я и многие мои друзья-коллеги мечтали поступить в аспирантуру, но судьба распорядилась иначе. На физфаке прошел слух, что к нам приезжают два «закрытых» академика для отбора лучших студентов на очень важную работу. Говорили, что будут очень важные «смотрины». Этими академиками оказались Андрей Дмитриевич Сахаров и Яков Борисович Зельдович. Они беседовали с нами о статистической физике, квантовой механике, гидродинамике и о многих других вещах. В результате таких «экзаменов» были отобраны следующие студенты: Леша Говорков, Вадим Гурьев,

Олег Крохин, Игорь Михайлов, Боб Мордвинов, Слава Розанов, Гена Филиппов, Саша Филюков, Саша Хлебников, Леня Шибаршев и я. Как позже стало известно, примерно такое же количество выпускников было отобрано и в «Арзамас-16». Тогда мы не подозревали, что эти события были связаны с правительственным решением об организации второго ядерного центра на Южном Урале, так называемого «Челябинска-70», ныне ВНИИТФ, дублера «Арзамаса-16», НИИ по разработке новых видов ядерного оружия.

Конец 1955 года — время защиты диплома и переброски «десанта» на объект. Оформлением молодых специалистов на работу занималось тогдашнее Министерство среднего машиностроения. Была получена строгая инструкция о секретности, составлена легенда о том, что мы — геологи, направляемые в Сибирь в экспедицию искать золотистый колчедан. Наш путь лежал через Свердловск; до него мы добирались поездом несколько суток; был март 1956 года. Обычно в поезде быстро знакомишься и приобретаешь друзей. Мы в купе развлекались игрой в карты и показывали карточные фокусы. Фокусы — мое давнишнее увлечение. Нашим попутчиком был очень представительный, доброжелательный, увлекающийся и легко возбудимый человек. Мои карточные фокусы ему очень понравились, он был ими потрясен. Он расспрашивал о моей специальности и о том, куда я направляюсь, но, по заранее условленной легенде, я, не моргнув глазом, соврал, что я геолог и еду по распределению. От услышанного он даже подпрыгнул на месте от радости. Он представился как начальник «Уралцветметзолота» и с радостью воскликнул, что «на ловца и зверь бежит» и , если я, кроме фокусов, умею еще читать и писать, он немедленно берет меня на работу. К сожалению, его имени я не запомнил. Я с трудом смог, не обидев этого замечательного и по-детски восторженного человека, отказаться от его предложения.

Из Свердловска, опять же очень секретно, нас отправили в конечный пункт назначения, в п/я 0215, в шутку называемый «комсомольским институтом». В первые годы его существования он назывался НИИ-1011, затем ВНИИП (Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения), Касли-4 и, наконец, ВНИИТФ, город Снежинск. Мы прибыли на так называемую «21-ю площадку», так как тогда Снежинска еще не существовало. Местность эта называлась Сунгуль. Место сказочное, окруженное озерами и девственными лесами. До новых хозяев там располагалась так называемая лаборатория «Б», где работали пленные ученые из Германии. Среди них был всемирно известный биолог Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский — «Зубр». Жил он там до 1955 года.

После решения о создании второго ядерного центра на «21-й площадке» первыми появились физики-теоретики, потом экспериментаторы, радиохимики и др. Через несколько лет «21-я площадка» опустела, и в нескольких километрах от нее возник новый город — Снежинск, выросли корпуса лабораторий и предприятий. Но биография старожилов «Челябинска-70» начиналась именно с «21-й площадки». Она была началом Федерального ядерного центра России и одной из страниц истории атомного века.

Первым директором объекта был Дмитрий Ефремович Васильев. Незадолго до нашего приезда в Сунгуль , в октябре 1955 года, на «21-ю площадку» был переброшен первый «десант» из «Арзамаса-16». Наш приезд совпал

с праздником Международного женского дня — 8 марта. Мы сразу оказались в окружении наших будущих коллег и руководителей. Каждый старался показать себя. Пели, шутили, Филюков играл на рояле что-то из классики, а я показывал фокусы. Дивно провели время.

Евгений Иванович Забабахин был одним из пионеров атомной промышленности, одним из ее создателей, на идеях которого основаны многие научные и технологические направления разработки ядерного оружия. Он руководил теоротделом № 2, славился как остроумный человек и любил юмор. Слушая Филюкова и наблюдая за моими фокусами, он сказал: «пианиста пусть возьмет Романов, а я беру фокусника». Вот так я попал к Е.И. Забабахину и он стал моим первым учителем. Нам, молодым специалистам, очень повезло. Мы начали работать в окружении замечательных людей и ученых, имевших за спиной большой опыт работы в области разработки ядерного оружия на объекте «Арзамас-16». Это были тогда еще молодые люди — Ю.А . Романов, талантливый ученик академика И.Е. Тамма, Л.П. Феоктистов, теперь член-корреспондент РАН, ныне покойный М. Шумаев, академик Е.Н. Аврорин, молодой ученый, наш ровесник. Он быстро вошел в тематику института, дал ценнейшие предложения в разработку ядерного оружия и не случайно, что сегодня он возглавляет ядерный центр России — НИИТФ. Там работали и другие высококвалифицированные физики и математики: В.С. Имшенник, А.А. Бунатян, Ю.С. Вахромеев, В.А. Стаханов, М.Н. Нечаев, супруги Птицины, супруги Строцевы и многие другие. Окидывая сегодня взглядом всех этих людей, представляешь себе их как замечательное сообщество талантливых, высококвалифицированных, дружелюбных, начитанных, искренне веривших в будущее и влюбленных в свое дело единомышленников.

Работая по тематике института, многие из нас занимались физикой «для души». Это было естественной нашей потребностью, и она дала свои результаты. Г. Филиппов, участник «десанта», ныне известный ученый в области теории атомного ядра, вместе с Ю.А. Романовым в 1961 году в ЖЭТФ опубликовали работу в области нелинейных явлений, которая была начата еще в «Челябинске-70». Эта работа положила начало развитию целого ряда работ по физике плазмы. Другой участник нашего «десанта», Олег Крохин, член-корреспондент РАН, ныне директор физического института им. Лебедева, вскоре после того как уехал из «Челябинска-70», в 1962 году совместно с Нобелевским лауреатом Н.Г. Басовым предложил идею получения термоядерного синтеза путем нагревания мишени излучением плазмы. Так возникло новое направление, получившее в дальнейшем название лазерного термоядерного синтеза. В 1964 году они в ЖЭТФ опубликовали работу об условиях нагрева плазмы излучением оптического генератора.

На нашем курсе учился студент интересной судьбы — Олег Лаврентьев. Он в 1950 году, будучи военнослужащим на Сахалине в чине младшего сержанта с десятиклассным образованием, написал письмо Сталину с просьбой рассмотреть его идею об удержании горячей плазмы с помощью электрического поля [1]. Письмо передали Сахарову [2], который счел работу весьма оригинальной, отмечая, что с помощью только электрического поля удержать плазму невозможно

[2]. Много лет спустя А.Д. Сахаров написал, что письмо О. Лаврентьева дало толчок ему и академику И.Е. Тамму для сформирования идеи термояда. Академик Р.З. Сагдеев, наш однокурсник, в своей книге [3] о Лаврентьеве написал: «Я уверен, что это была одна из наиболее драматических историй научной революции». История с идеей термояда и ряд других предложений, касающихся водородного оружия приведены в публикациях О. Лаврентьева [4,5].

Можно сказать, что наша взрослая жизнь начиналась именно на объекте. Создавались семьи, рождались дети. Это была большая жизненная школа и начало работы в науке. То, чем мы должны были заниматься, в общих чертах, касалось физики сверхвысоких температур и давлений, а более конкретно — разработки ядерного оружия. Как метко сказал академик Е.Н. Аврорин [6], наш коллега и сверстник, — «в атомной бомбе практически была вся физика». Действительно, туда было заложено все — и физика высоких давлений, и нейтронная физика, и ядерная, очень сложные плазменные процессы и теория переноса, в общем — все! Для физика создание атомной бомбы в научном смысле, конечно, представляло большой интерес. Сам великий Ферми говорил, что «во всяком случае, это хорошая физика». Тогда мы понимали и даже гордились тем, что нам выпала честь принять хоть какое-то участие в усовершенствовании одной из самых сложных разработок в истории человечества — в создании ядерного оружия. Мы все были молоды и самому старшему, директору института Д.Е. Васильеву было 53 года, научному руководителю объекта К.И. Щелкину только 44, а Е.И. Забабахину лишь 38 лет.

Наш выпуск университета — «десант» состоящий из 11 человек, внес новую научную струю в работу коллектива. По этому поводу Ю.А. Романов в книге «Слово о Забабахине» [7] пишет: «Вскоре к нам была направлена группа выпускников физического факультета в составе 11 человек. Закипела дружная работа молодого коллектива. Напор молодежи и соревновательный дух вскоре дали свои результаты. Успешным испытанием 1957 года был сделан существенный шаг в совершенствовании термоядерных зарядов. Это достижение было отмечено присуждением Ленинской премии коллективу ведущих разработчиков заряда. Премию получили: научный руководитель НИИ-1011 К.И. Щелкин, зам. главного конструктора В.Д. Гречишников, Е.И. Забабахин, Ю.А. Романов, Л.П. Феоктистов и М.П. Шумаев. И в последующие годы были победы над старшим братом — ВНИИЭФ, что, естественно, тешило самолюбие молодого коллектива ВНИИП (ныне — ВНИИТФ)». Добавлю от себя, что все это происходило в условиях формирования и становления самого института.

Мне также хочется рассказать о моем первом учителе Е.И. Забабахине [7]. Его исследовательский талант проявлялся во всем и весьма широко. Человек, на идеях которого были основаны многие научно-технические разработки ядерного оружия, мог также живо интересоваться закономерностями, определяющими движение чаинок в стакане воды. Забабахин обладал редкостным педагогическим талантом и широко использовал его для обучения не только молодых специалистов, но и для воспитания всех окружающих его сотрудников. Он был большой мастер, как и Яков Борисович Зельдович, придумывать разные головоломки и задачи из механики и геометрии. Евгений Иванович быстро и

активно вовлекал молодежь в работу, любил обсуждать разные насущные вопросы. Он был для нас примером своим отношением к науке, отличался скромностью и огромным трудолюбием. На работе он всегда был точен и аккуратен. Евгений Иванович очень любил представлять научные результаты в виде графиков и таблиц, аккуратно и четко вырисовывая их. Он говорил: «Наглядные графики и рисунки подталкивают мысль». Интересно, что у Евгения Ивановича была особая тетрадь — «тетрадь абсолютных истин». Он и другим настойчиво рекомендовал завести такую же тетрадь. Иногда он негативно относился к не в меру расшалившимся «мальчишкам» — теоретикам. Сейчас, с вершины пройденных лет, оглядываясь назад, удивляешься нашим развлечениям на работе во время перерыва. Мы зимой играли в футбол в коридоре, вместо мяча у нас была какая-нибудь железяка, или соревновались, кто дольше всех может пинать ногой стул, или у кого будет большая скорость кручения ручки арифмометра. Коридорный футбол иногда приносил неприятности, когда в окнах разбивались стекла. Это страшно нервировало коменданта 1 корпуса Н. Брызжахина. В связи с этим появились шуточные стихи молодых поэтов, подписанные псевдонимом «Пушкин».

Дальше приводятся отрывки из поэмы другого поэта, тоже «Пушкина»,

Марш теоретиков
Как работу я кончаю
В пять часов,
В пять часов,
Сразу окна закрываю
На засов,
На засов.

Шутка
Как работу я кончаю,
Сразу окна закрываю:
Будь спокоен, Забабахин,
Не брюзжит на нас Брызжахин.

Загадка
Летят откуда стекол брызги?
Кто в этой комнате сидел?

Отгадка
Здесь был растяпа-теоретик,
Окна закрыть он не хотел

посвященные футболу, с эпиграфом:

А я что — рыжий?

А битва между тем кипела,
Велик спортивный был накал,
Казанцев Алька то и дело
По полю радостно вилял.
Производя зловещий шум,
Ломал всем кости грозный Джум[1],
Малютка Боб[2] (большой нахал),
Как вор, меж ног у всех шнырял.
Стаханов плавно плелся боком,
Крушил, крошил, кромсал Олег[3],
И вскоре каждый человек
Был как бутыль с томатным соком.

---

[1] Дж. Ломинадзе
[2] Б. Мордвинов
[3] О.Н. Крохин

Вспоминая все «шалости» и тогдашние развлечения молодых ученых, можно объяснить их особой психологической настроенностью, приподнятым настроением от сознания собственной значимости, гордостью от понимания своей причастности к грандиозной проблеме — созданию ядерного оружия. Эмоциональный подъем в результате большого удовлетворения своим умственным трудом находил выход в необычных физических «играх». Мы были молоды и счастливы.

Мне особенно дороги воспоминания о моем соотечественнике, Кирилле Ивановиче Щелкине, родившемся в Тбилиси, в Грузии, в семье землемера, бывшего сыном крепостного крестьянина. Первая встреча с ним состоялась на объекте при встрече «десанта» из Московского Университета. Судьба Кирилла Ивановича была весьма необычной. Его сын, Феликс Кириллович, в своих воспоминаниях [8] пишет: «Какой путь надо пройти, какими качествами надо обладать, чтобы во втором поколении от крепостных крестьян российской глубинки в 42 года стать Трижды Героем Социалистического труда за решение уникальнейшей в истории человечества научно-технической задачи».

Основные вехи жизни Кирилла Ивановича таковы:

в 27 лет — кандидат наук (1938 год);

в 31 год — ушел добровольцем на войну, рядовым артиллерийской разведки (1942 год);

в 35 лет — доктор наук (1946 год); в том же году он — первый заместитель научного руководителя и главного конструктора ядерного центра «Арзамас-16»;

в 42 года он трижды Герой Социалистического труда (1953 год);

в 44 года — научный руководитель и главный конструктор организованного им ядерного центра «Челябинск-70»;

в 49 лет он заканчивает свою трудовую деятельность и уходит на пенсию (1960 год).

Научные исследования Кирилла Ивановича в области горения и взрыва получили всемирное признание. Он был не только ученым, но и выдающимся организатором. Он мог выбрать и соединить воедино талантливых, трудолюбивых и творческих людей и заставить их дружно работать во имя общей великой цели. В 1949 году эта цель была достигнута, конечно, и благодаря таланту Кирилла Ивановича. В своей книге «Первая атомная» В.И. Жучихин [9] пишет, что ядерный заряд был назван К.И. Щелкиным — «РДС-1» по начальным буквам слов: «Россия делает сама». Феликс Кириллович задает вопрос [8]: «К кому могли быть направлены чувства гордости и благодарности внука крепостных крестьян Смоленской и Курской губернии? — Конечно же, к России. Это россияне, в святом для России месте, освященном Серафимом Саровским, совершили этот подвиг. Это Россия спасла мир от третьей мировой войны. Название было одобрено всеми, включая «Хозяина» — грузина. Поэтому не случайно, что И.В. Курчатов поручил Щелкину создание нового ядерного центра на Урале. Кирилл Иванович слыл на объекте весьма строгим и требовательным руководителем. Рассказывали, что у него на столе стоял специальный телефон, при взятии трубки на другом конце должны были немедленно ответить. Однажды, когда он взял трубку, ответа не последовало,

он ждал и, когда, наконец, телефонистка ответила, он сказал, что она освобождена от работы. Но вместе с тем был и такой случай. У нас в институте завелась традиция, что во время перерыва в коридоре молодые теоретики все вместе делали физзарядку. Я проводил физзарядку недалеко от кабинета К.И. Щелкина. В какой-то момент, показывая очередное упражнение, я замер, увидев самого Кирилла Ивановича, повторяющего наши упражнения. Мои коллеги его не видели, так как стояли спиной к нему. Увидев мое оцепенение, он дал мне знак рукой продолжать упражнения, а сам до конца остался с нами.

Кирилл Иванович Щелкин был Трижды Героем Социалистического труда, и по заведенной традиции правительство должно было установить его бюст на его родине. Но постановление Верховного Совета СССР установить бюст К.И. Щелкина в городе Тбилиси было принято с большим опозданием. В конце 80-х годов мне позвонили из Москвы и сказали, что в Тбилиси приезжает сын Кирилла Ивановича Щелкина — Феликс Кириллович. Он должен был выбрать место для установки бюста отца, автором которого был грузинский скульптор — Г. Тоидзе. С радостью хочу отметить, что в это мероприятие активно включились Академия Наук Грузинской ССР и Правительство, особенно мэрия города Тбилиси в лице Нины Авксентьевны Жвания. Бюст был установлен между Институтом физики АН Грузии и штабом Закавказского военного округа, как бы символизируя связь науки и военной техники. В организацию установки бюста и подготовки к его открытию активно включилось руководство ВНИИТФ — «Челябинск-70». По этому поводу в Тбилиси несколько раз приезжал ответственный работник «Челябинска-70» Павел Яковлевич Усиков.

Открытие памятника состоялось 6 марта 1982 года; было очень празднично. Из «Челябинска-70» приехала специальная делегация в составе Г. Ломинского, Г.А. Цыркова, Е.Н. Аврорина, Ю.А. Романова, Л.П. Феоктистова, Веры Михайловны Забабахиной и Веры Алексеевны Аврориной, семьи Щелкина — дочери Анны и сына Феликса. На открытии присутствовали члены правительства Грузии. Я, как бывший сотрудник К.И. Щелкина, выступил с речью, с воспоминаниями.

В Грузии я начал работать в Институте физики АН Грузии. Областью моих интересов вместо неуправляемого термоядерного синтеза стали проблема управляемого синтеза и физика плазмы. Затем опять плазма — плазменная астрофизика, но уже в Абастуманской астрофизической обсерватории.

В 1995 году мы с женой с огромной радостью восприняли известие о том (жена окончила 2-й Московский медицинский институт и была вместе со мной направлена на объект врачом-педиатром), что приглашены на празднование 40-летия РФЦ-ВНИИТФ в Снежинск. Из старых «десантников» из Москвы в Екатеринбург вылетели 5 человек: О.Н. Крохин с женой, В.Б. Розанов и я с женой и наши дорогие учителя — Ю.А. Романов и Л.П. Феоктистов.

В Снежинске нас встретили наши прежние «десантники» — Б.П. Мордвинов, Л.И. Шибаршов и А.К. Хлебников, которые по-прежнему верны атомной тематике и достигли в этой области больших успехов. Из одиннадцати человек на юбилее были пять, остальные пять приехать не смогли. К нашему большому сожалению, среди нас уже нет Леши Говоркова.

Трудно описать, какие чувства овладели нами, когда мы приехали на объект. Мы окунулись в пору нашей счастливой юности, беззаботности, увлеченности и искренней дружбы. Снежинск поразил нас своим великолепием. Е.Н. и В.М. Аврорины сделали наше пребывание там незабываемым. На юбилейной научной сессии, где присутствовали руководители и представители Минатома, Минобороны и многих других министерств, а также американские ученые, О.Н. Крохин и я удостоились чести выступить с поздравлениями. Мы также выступили по местному телевидению и радио.

Было очень трогательно, когда многие старожилы подходили к моей жене, работавшей в молодости педиатром, и благодарили за заботу об их малышах в прошлом. Некоторые из их детей продолжают там дело своих родителей, а другие разлетелись в разные стороны. Мы сочли своим долгом посетить дом дорогого учителя, глубокоуважаемого Е.И. Забабахина, и навестить его вдову Веру Михайловну, а также Павла Яковлевича Усикова, который очень много сделал для увековечения памяти К.И. Щелкина.

Через полгода мне вновь пришлось посетить Снежинск как участнику конференции «Забабахинские научные чтения». В воспоминаниях, конечно, многое теряется из-за давности происходящего, но только одно бесспорно, что человек живет в надежде на лучшее будущее, и пройденный путь наших коллег и учителей дает эту надежду и уверенность в прогрессе общества [10].

15 мая 1996 года мы с женой были приглашены в Дубну на Международный симпозиум «Наука и общество: история советского атомного проекта (40-е — 50-е годы)».

Атмосфера этого форума по сути дела была уникальной, думаю, что подобное в ближайшем будущем вряд ли повторится. Здесь были встречи последних могикан.

Собравшееся общество — это были люди, которые в той или иной степени прикоснулись к великой истории человечества — созданию атомной эры. Здесь были великие воспоминания, атмосфера открытости, доброжелательности, желания к сотрудничеству.

Знаменательно, что в эти дни на форуме была устроена сессия, посвященная памяти Нильса Бора. Все было проникнуто его духом. Как бы он обрадовался, увидев эти миролюбивые моменты истории. Он еще во время войны, в те далекие времена беспокоился и мечтал о мире. Он еще тогда понял, что благодаря полученным новым знаниям о строении атома, создаются неслыханные предпосылки для нового типа отношений между странами. Он считал, что любая попытка сохранить секретную монополию на атомную энергию может привести к чудовищным последствиям — необузданной гонке вооружения и даже к полному уничтожению самой цивилизации. Он предлагал международный контроль над атомной энергией и сотрудничество между учеными всего мира. В 1961 году, будучи гостем Грузии, Нильс Бор, общаясь с грузинскими учеными, призывал к тесному сотрудничеству всех ученых мира, которое считал уникальным гарантом мира во всем мире [11]. Его оптимизм, вера в будущее, уверенность в том, что дружба и сотрудничество — неотъемлемые качества науки — сыграют свою положительную роль в будущем мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.Н. Головин, В.Д. Шафранов У истоков термояда. Природа № 8, 1990. Б.Б. - Кадомцев. УФН, 166, № 5, 449, 1996.
2. А.Д. Сахаров. Воспоминания, Изд. Чехова, Нью-Йорк. 1990; см. также Наука и жизнь, № 1, с. 12, 1991.
3. R.Z. Sagdeev. The making of a soviet scientist: my adventures in nuclear fusion and space from Stalin to Star Wars. /Ed. by S. Eisenhower. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons, 1994.
4. О.А. Лаврентьев. К истории термоядерного синтеза в СССР. Препринт № 8, Институт общей физики РАН, отдел колебаний, 1993.
5. О.А. Лаврентьев. Все началось с солдата. Сибирский физический журнал. № 2, с. 51, 1995.
6. В.С. Губарев. Челябинск-70. М., ИздАТ, 1993.
7. Слово о Забабахине. М., ЦНИИАтоминформ, 1995.
8. Ф.К. Щелкин. Штрихи к портрету К.И. Щелкина (рукопись. 17.05. 1995).
9. В.И. Жучихин. Первая атомная. М., ИздАТ, 1992.
10. В.С. Губарев. Интервью с Дж. Ломинадзе. Газета «Сегодня», 26 мая 1996.
11. Рут Мур. Нильс Бор — человек и ученый. М., Мир, 1969.

РАЗВИТИЕ ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ В РАМКАХ АТОМНОГО ПРОЕКТА

Борисов В.П., Рябов И.А.

Летом 1945 г. И.В. Курчатов пригласил для переговоров о возможном сотрудничестве начальника вакуумной лаборатории при Наркомате электропромышленности С.А. Векшинского.

Сергей Аркадьевич Векшинский (1896-1974) был известен И.В. Курчатову еще по работе в довоенном Ленинграде. С 1922 г. С.А. Векшинский являлся главным инженером первого советского завода электровакуумных приборов, а после 1928 г. руководил крупной отраслевой вакуумной лабораторией, созданной при заводе «Светлана». К работе в лаборатории С.А. Векшинский привлек многих ленинградских физиков — В.И. Волынкина, В.С. Лукошкова, А.И. Шальникова и др., консультантами лаборатории являлись Г.А. Гринберг и П.И. Лукирский.

Автор десятков изобретений и научных статей, С.А. Векшинский пользовался большим авторитетом как один из ведущих в стране специалистов по расчету и конструированию приборов катодной электроники.

В результате переговоров, прошедших в 1945 г. в Лаборатории № 2 АН СССР, было решено привлечь С.А. Векшинского вместе с коллективом руководимой им лаборатории к решению следующих задач:

- разработка высоковакуумных пароструйных (диффузионных) насосов большой производительности (десятки тысяч л.с.);
- разработка форвакуумных насосов с быстротой действия в десятки л.с.;
- создание вакуумметрических преобразователей для измерения давлений в диапазоне от 10^5 до 10^{-8} Па;
- разработка высокочувствительных течеискателей для обнаружения течей до 10^{-10} ПаЧм^3/с;
- создание газоразрядных детекторов ионизирующих излучений для применения в геологоразведке и контроля работы атомных реакторов;
- разработка экспериментальных образцов оборудования для разделения изотопов тяжелых элементов электромагнитным методом.

С.А. Векшинский начинает формировать коллектив для проведения НИОКР по вышеуказанным направлениям, привлекая известных ему специалистов и выпускников московских вузов. В 1946 г. под его руководством была основана Центральная вакуумная лаборатория (ЦВЛ), на ее базе в 1947 г. создается Научно-исследовательский вакуумный институт (НИВИ).

Уже в конце 40-х годов вновь созданный институт осуществил разработку ряда образцов уникального по тем временам вакуумного оборудования.

К 1948 г. была выполнена разработка высоковакуумного пароструйного насоса с рекордной быстротой действия 20000 л.с. При создании откачного средства, не имевшего аналогов в мировой практике, были существенно дополнены теория и инженерный расчет диффузионного насоса. Одновременно была проведена разработка высокопроизводительных форвакуумных насосов типа ВН с быстротой действия от 5 до 40 л.с.

Важную проблему поиска микротечей в герметизированных системах большой протяженности позволил решить созданный в НИВИ высокочувствительный масс-спектрометрический гелиевый течеискатель ПТИ-1. Значительный вклад в разработку течеискателя ПТИ-1 внес М.И. Меньшиков, являвшийся впоследствии в течение многих лет главным инженером НИВИ. Задачу измерения низких давлений решали созданные в 40-е годы тепловой и ионизационный вакуумметры УТВ-46 и ВИ-1.

Помимо этого, институтом велись разработки необходимых вакуумных масел для механических и диффузионных насосов, фланцевых соединений, клапанов, затворов, уплотнителей и других элементов вакуумной техники.

Серийное производство разработанной аппаратуры было организовано, начиная с 1948 г., на московских заводах им. Вл. Ильича, «Компрессор», ленинградском заводе «Радист». Выпуск необходимых вакуумных масел осуществлял Московский нефтемаслозавод.

Наряду с решением вакуумтехнических задач, значительным направлением работ НИВИ стала разработка газоразрядных детекторов ионизирующих излучений. Первая серия счетчиков излучений, созданная в ЦВЛ в 1946 г., была предназначена для использования в геологоразведке. Вслед за этим были разработаны детекторы ионизирующих излучений для контроля радиационной обстановки на атомных реакторах.

Начиная с 1948 г., институт проводил НИОКР по созданию ионизационных камер, обеспечивающих контроль и управление работой реакторов. Такими приборами были оснащены первая в мире атомная электростанция в Обнинске (1954 г.) и последующие АЭС, атомный ледокол «Ленин» (1959 г.), подводные суда военно-морского флота.

В конце 40-х — начале 50-х годов в НИВИ проводились исследования возможности разделения изотопов урана электромагнитным методом. В процессе исследования была создана экспериментальная установка, задачей которой была отработка оборудования и процессов электромагнитной масс-сепарации изотопов. Результаты этих работ были использованы при создании установки С-20 на заводе № 418 на Урале.

В 50-е годы перед вакуумной техникой были поставлены новые более сложные задачи: создание средств получения высокого и сверхвысокого безмасляного вакуума, измерение низких давлений в условиях магнитных полей, осуществление высокочувствительного поиска течей в сложной системе вакуумных соединений и т.д.

Среди разработок, выполненных в эти годы, можно выделить создание ряда сорбционно-ионных насосов типа СИН с быстротой действия до 2000 л.с. Удаление газов в таких насосах осуществлялось непрерывно обновляемой пленкой титана при одновременной ионизации газа встроенным ионизатором. На базе насоса СИН-20 был выпущен уникальный откачной агрегат АВТО-20М, развивавший быстроту действия (по водороду) 3000 л.с. и достигавший остаточного давления 10^{-10} Па.

В эти же годы в НИВИ была создана оригинальная технология получения чистого циркония иодидным методом. Были разработаны новые конструкции высоковакуумных, бустерных, форвакуумных насосов, набор вакуумметрической и течеискательной аппаратуры, созданы образцы масс-спектрометрических анализаторов состава остаточных газов, специальные ЭВП для подрыва ядерных боеприпасов.

Большой вклад в развитие вакуумной техники, широко использовавшейся при проведении работ атомного проекта, внесли сотрудники НИВИ В.А. Симонов, К.А. Савинский, А.М. Родин, С.Б. Овсянников, В.И. Карпов, А.М. Григорьев, А.Б. Дмитриев, А.В. Бабушкин, С.И. Воробьев, Л.С. Эйг, А.Б. Цейтлин, А.Б. Хейфиц, М.И. Виноградов и др.

В последующие годы НИИ вакуумной техники им. С.А. Векшинского проводил (и продолжает вести) работу по созданию вакуумной техники и технологических процессов в интересах электронной и других отраслей промышленности.

ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА АТОМНОМ РЕАКТОРЕ «Ф-1» В СЕКТОРЕ П.Е. СПИВАКА

Ерозолимский Б.Г.

Первый ядерный реактор в Советском Союзе, как известно, был запущен в Лаборатории № 2 Академии наук в самом конце 1946 года. И сразу же вслед за этим началась активная работа одновременно по нескольким направлениям физики тяжелых ядер, по изучению кинетики самого реактора, а также по разработке методов выделения плутония из облученного урана. Все эти направления представляли первостепенное значение для проектирования и создания мощных реакторов, необходимых для получения плутония, которые шли под общим научным руководством И.В. Курчатова. Однако, несмотря на чрезвычайный дефицит времени и на очень напряженную деятельность по основной проблеме, Игорь Васильевич Курчатов проявлял большой интерес к широкому кругу принципиальных вопросов физики ядра и неизменно поддерживал работы, имевшие фундаментальное научное значение вне зависимости от их связи с практическими задачами, стоявшими перед Лабораторией № 2.

И когда в 1947 году, после окончания физического факультета МГУ я был принят в Лабораторию № 2 в качестве младшего научного сотрудника в сектор № 13, то я застал небольшой коллектив (в секторе было в то время всего 8 человек), трудившийся под руководством Петра Ефимовича Спивака с большим напряжением над постановкой эксперимента по обнаружению бета-распада свободного нейтрона.

Поиск этого фундаментального процесса стал возможным благодаря тому, что с пуском реактора Ф-1 физики получили в свое распоряжение ранее недоступные огромные потоки медленных нейтронов — до 10^8 1/см^2·сек, и И.В. Курчатов полностью поддержал эту инициативу П.Е. Спивака.

То, что нейтрон должен быть нестабильным и превращаться в протон (с одновременным образованием пары легких частиц — электрона и антинейтрино), стало понятным, как только выяснилось, что нейтрон тяжелее протона: $m_n - m_p = 1,3$ МэВ.

Не без основания предполагая, что процесс превращения нейтрона в протон, электрон и антинейтрино должен принадлежать к так называемым «сверх-разрешенным» бета-переходам, можно было оценить возможную величину периода

полураспада нейтрона $T_{1/2}$, поскольку согласно общей классификации для всех процессов такого рода

$$3 < \log [f(E_{max})\cdot T_{1/2}] < 3,5 ,$$

где $f(E_{max})$ — так называемый «фактор фазового объема», однозначно вычисляемый, если известна максимальная энергия бета-спектра E_{max}. Оцененное таким образом возможное значение периода полураспада нейтрона оказалось масштаба десяти минут. А это означало, что число актов распада в 1 $см^3$ объема, заполненного потоком тепловых нейтронов 10^8 1/$см^2$Чсек, должно было составлять несколько десятков событий в минуту.

П.Е. Спивак с самого начала решил искать именно протоны распада, которые должны появляться в объеме, занятом нейтронным потоком, поскольку не существует иных причин для появления протонов, кроме бета-распада нейтронов, и их обнаружение однозначно свидетельствовало бы о наличии такого процесса. Как стало известно вскоре, и зарубежные первооткрыватели бета-распада нейтрона — А. Снелл и Л. Миллер в Канаде [1] и Дж. Робсон в США [2] — также пошли по пути регистрации протонов распада (либо одиночных, либо в совпадениях с бета-электронами).

Поскольку протоны в этом процессе обладают очень малыми энергиями (0÷800 эВ) , их необходимо ускорить до энергии, достаточной для их регистрации (10÷20 кэВ). Таким образом, первой задачей было создание специального детектора, способного надежно регистрировать ускоренные протоны и обладающего минимальным радиационным фоном от гамма-лучей и быстрых нейтронов от самого реактора. На решение этой задачи у П.Е. Спивака и работавшего вместе с ним А.Н. Сосновского ушло более двух лет, и к середине 1947 года такой детектор был создан (см. рис. 1). Это был газовый пропорциональный счетчик небольшого объема с катодом в виде маленького шарика /2/, с окном, закрытым тонкой органической пленкой (толщиной менее 0,1 мкм) /5/, опирающейся на поддерживающую сетку, и заполненный смесью аргона и четырехфтористого углерода при давлении 12 мм рт. ст. Счетчик этот обладал газовым усилением ~ 100 и мог работать стабильно в течение многих суток, при условии поддержания нужного давления газов в его объеме. Его счетная характеристика при регистрации искусственных протонов с энергиями 15÷20 кэВ от специальной ионной пушки обладала достаточно широким горизонтальным участком (см. рис. 2), что давало возможность надежно отделять радиационный фон и шумы усилителя (сигналы с малыми амплитудами) и регистрировать практически все протоны, попавшие в чувствительный объем счетчика.

И главное — этот счетчик обладал весьма низкой чувствительностью к гамма-лучам и быстрым нейтронам, благодаря своим малым размерам и отсутствию водорода в газе. И тем не менее, несмотря на эти уникальные свойства созданного П.Е. Спиваком счетчика, его фон в условиях работы на реакторе Ф-1 в первых экспериментах превышал эффект от протонов распада в несколько раз.

Однако, главная проблема, с которой столкнулись П.Е. Спивак и А.Н. Сосновский, оказалась в другом: как только были начаты испытания созданной

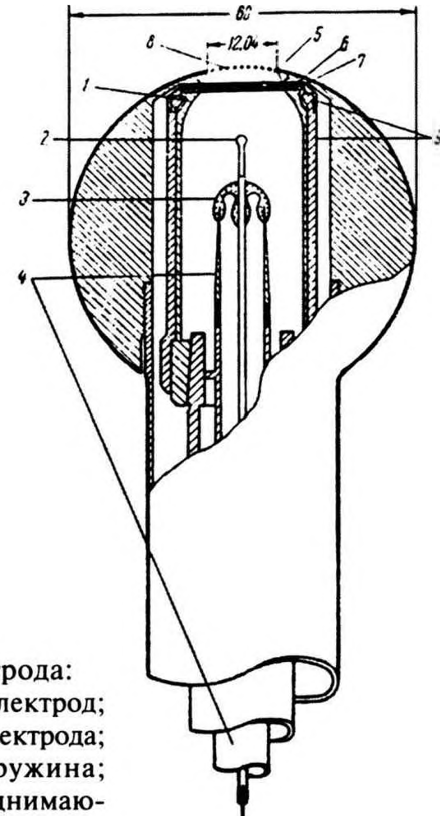


Рис. 1. Разрез центрального электрода:
1 - корпус счетчика; 2 - собирающий электрод; 3 - изолятор; 4 - ножка собирающего электрода; 5 - пленка; 6 - плоская сетка; 7 - пружина; 8 - сферическая сетка; 9 - цилиндр, поднимающий пружину.

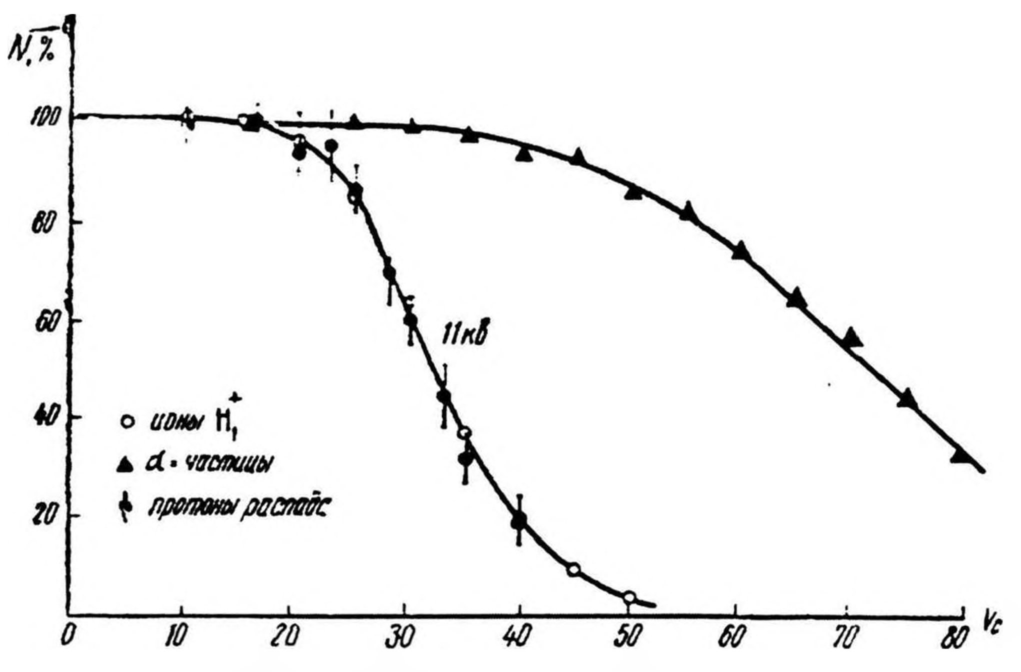


Рис. 2. Характеристика пропорционального счетчика.

измерительной системы, выяснилось, что в присутствии высокого напряжения, предназначенного для ускорения протонов распада (15÷20 кВ), в вакуумной камере возникают ионы водорода, которые ускоряются в том же поле и регистрируются счетчиком так же, как и протоны распада. Этот эффект, никак не связанный с наличием или отсутствием нейтронов, П.Е. Спивак назвал «ион-эффектом», и борьба с этим явлением заняла очень много времени и потребовала больших экспериментальных усилий.

В конце концов, к середине 1949 года исследователям удалось найти подходящие материалы и методы обработки поверхностей высоковольтных электродов, так что фон от «ион-эффекта» перестал играть существенную роль при ускоряющем потенциале в камере вплоть до ≈ 15 кВ. Надо отметить, что с аналогичными трудностями столкнулись и первые исследователи в США и в Канаде, а П.Е. Спивак еще много лет после этого продолжал усилия по уменьшению «ион-эффекта» и достиг к концу 70-х годов уровня фона, связанного с этим явлением, менее 0,1 шт. в сек при напряжении на ускоряющих электродах 25 кВ.

На рис. 3 схематически изображена экспериментальная установка П.Е. Спивака и А.Н. Сосновского так, как она выглядела в этой первой работе 1947-1949 гг. Она располагалась непосредственно на поверхности отражателя реактора Ф-1 на верхней его площадке над специальным борно-свинцовым коллиматором, ограничивавшим направленный вверх поток тепловых нейтронов с интенсивностью около $6 \cdot 10^7$ 1/см$^2 \cdot$сек.

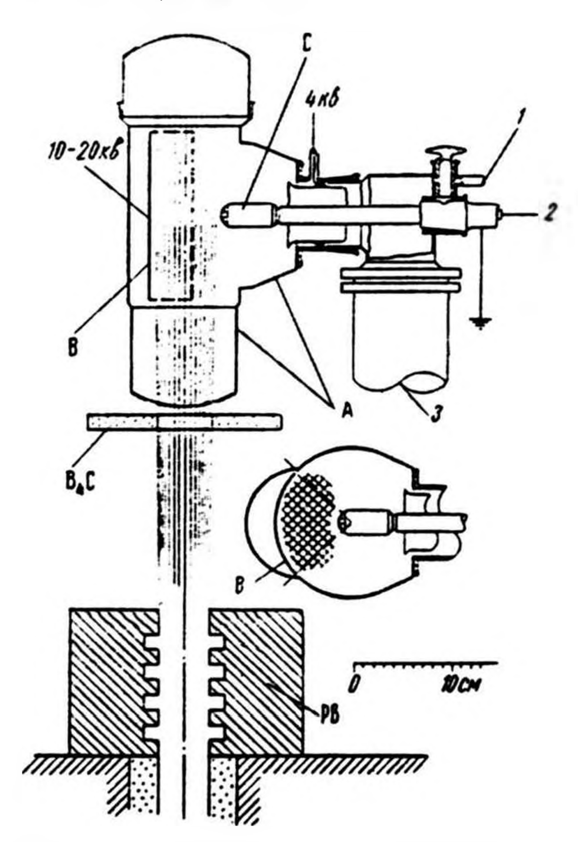


Рис. 3. Схематический разрез установки:
А - камера, В - цилиндрический электрод, С - центральный электрод, 1 - к балластному объему, 2 - к усилителю, 3 - к насосу.

Мне посчастливилось присутствовать иногда при этих измерениях и даже принимать некоторое участие в этой, ставшей теперь уже классической, работе в качестве помощника. С трепетом душевным и восторгом неофита выполнял я нехитрые операции вроде поливания из чайника стеклянной горловины установки, в то время как А.Н. Сосновский прогревал газовой горелкой вакуумное уплотнение шлифа, расплавляя при этом пицеиновую замазку, или записей показаний электромеханического счетчика, лежавшего у моих ног на полу. Хорошо помню это удивительное время, когда днем и ночью П.Е. Спивак и А.Н. Сосновский, отчаянно споря по каждому поводу, вели эти первые исследования, со все большей очевидностью указывавшие на обнаружение сигналов от распада нейтронов. А доказательством того, что это было именно так, в конечном счете стала полученная зависимость скорости счета (за вычетом фона) от амплитуды этих сигналов, полностью совпавшая с аналогичными данными, полученными от «искусственных» протонов (см. экспериментальные результаты, приведенные на рис.2).

Когда же уверенность в надежной регистрации актов распада нейтрона стала полной, П.Е. Спивак приступил к изучению количественной стороны этого явления — к оценке вероятности распада l или, что то же самое — периода полураспада $T_{1/2} = \ln 2/l$.

Для этого необходимо было знать число нейтронов, находящихся в объеме камеры, из которого протоны распада могут попадать в счетчик, а также значение аппаратурного коэффициента, характеризующего эффективность регистрации протонов, включая собирание протонов на окне счетчика, потери в сетках и т. д. Этот коэффициент определялся с помощью расчета (основную часть расчетов произвел тогда Я.А. Смородинский), а определение исходного числа нейтронов в «области распада» потребовало привлечения экспериментальной методики измерения «плотности нейтронов». П.Е. Спивак использовал с этой целью метод активации золотой фольги, помещаемой в поток нейтронов, с последующим определением ее абсолютной бета-активности.

Первая оценка периода полураспада $T_{1/2}$ дала величину в пределах от 8 до 15 минут.

Результаты первых исследований группы Снелла в США и Робсона в Канаде дали аналогичные оценки: соответственно, $10 < T_{1/2} < 30$ мин. и $9 < T_{1/2} < 25$мин.

Вскоре П.Е. Спиваку и А.Н. Сосновскому удалось существенно улучшить точность результата. С этой целью была изменена конфигурация электродов, обеспечивающих собирание протонов распада, так что результаты расчета коэффициента собирания стали независимыми от плохо известного в то время спектра протонов отдачи.

Существенно более надежными были в этой второй работе, осуществленной в 1950 г., и измерения плотности нейтронного потока, что было достигнуто путем детальной разработки Спиваком так называемого метода бета-гамма совпадений, примененного в абсолютных измерениях активности золотых фольг.

Результат 1950 года — $T_{1/2} = 12 \pm 1{,}5$ минуты [3].

К сожалению, в связи с существовавшим в те годы абсолютным запретом на какие-либо публикации в этой области, результаты этих первых исследований

П.Е. Спивака стали известны научной общественности лишь в 1955 году, когда они были опубликованы в материалах первой Конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве. И потому честь открытия этого фундаментального процесса — распада нейтрона, долгое время приписывалась лишь Снеллу и Робсону, опубликовавшим свои первые результаты соответственно в 1948 и 1950 годах.

Определению периода полураспада свободного нейтрона П.Е. Спивак посвятил почти всю свою жизнь. Вместе с сотрудниками — Ю.А. Прокофьевым, И.Е. Кутиковым, Л.Н. Бондаренко и другими он провел еще несколько измерений со все возрастающей точностью. Последний его результат — $T_{1/2} = 616 \pm 6$ сек, опубликованный в 1988 году [4], является в настоящее время одним из наиболее надежных и хорошо подтверждается средне — мировым значением этой величины: $T_{1/2} = 614{,}8 \pm 1{,}1$ сек. [5].

В 1962 году эти экспериментальные исследования бета-распада нейтрона были отмечены впервые учрежденной тогда премией и золотой медалью И.В. Курчатова, которые были присуждены П.Е. Спиваку и Ю.А. Прокофьеву.

Одновременно с проведением экспериментальных работ по изучению бета-распада нейтрона, начиная с конца 1948 года, в секторе П.Е. Спивака был начат большой цикл измерений констант, характеризующих деление ядер урана и плутония при поглощении ими нейтронов.

Начало этому циклу положило обсуждение разных возможностей определения числа вторичных нейтронов деления урана, приходящихся на акт захвата теплового нейтрона (так называемой константы $n_{эфф}$), с высокой точностью, которое было проведено по просьбе И.В. Курчатова. В процессе этого обсуждения, в котором принимали участие И.И. Гуревич, С.М. Фейнберг, Г.Н. Флеров, П.Е. Спивак и др., мною был предложен вариант, в основе которого лежало измерение изменения плотности потока тепловых нейтронов в слабо поглощающей среде (графите, тяжелой воде, бериллии) при внесении в нее образца с исследуемым делящимся изотопом. Предложение это вызвало интерес, и вскоре после обсуждения мы с П.Е. Спиваком подробно его проработали, превратив в законченный проект эксперимента с конкретной программой, которая и была одобрена И.В. Курчатовым.

Схема измерения поясняется на рис. 4.

Внутрь графитовой призмы /1/, расположенной на поверхности реактора, в некую точку вносится небольшой по размерам образец урана. Воздействие этого образца на заполняющий призму поток тепловых нейтронов можно уподобить сочетанию эффектов от точечного «стока» тепловых нейтронов (за счет поглощения их в образце) и одновременно — от источника быстрых нейтронов деления.

Мощность «стока», т.е. число нейтронов, поглощаемых в образце в секунду, равна

$$Q_1 = f\,\Sigma_U\ , \qquad (1)$$

где f — поток тепловых нейтронов в месте расположения мишени, а Σ_U — макроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов в образце.

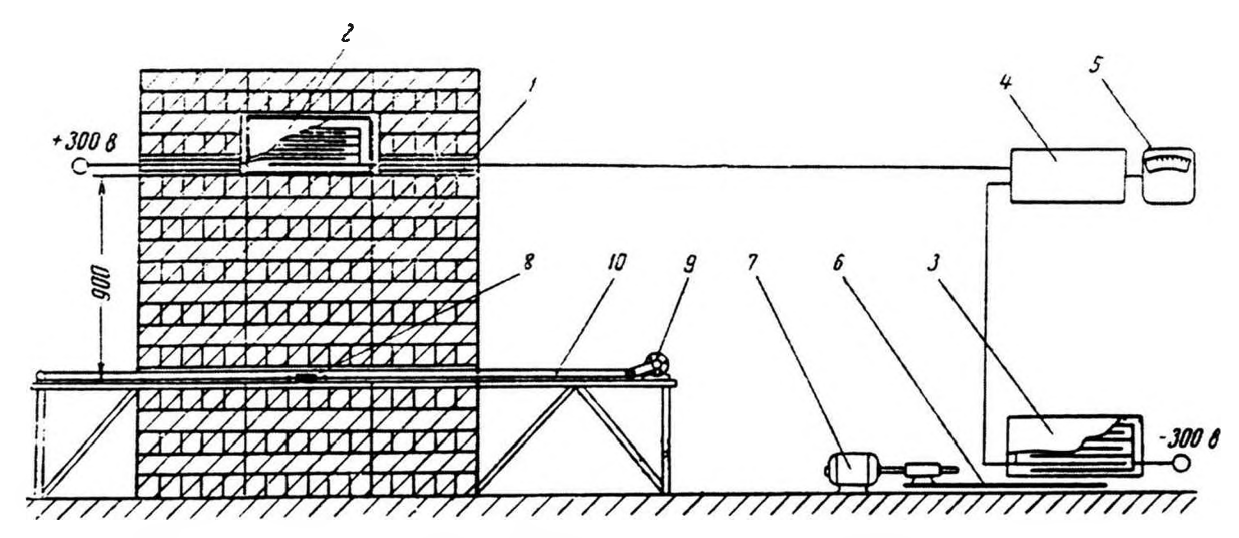


Рис. 4. Схема установки.

1 - графитовая призма, 2 - основная ионизационная камера с бором, 3 - компенсационная камера, 4 - усилитель тока, 5 - выходной микроамперметр, 6 - кадмиевая заслонка, 7 - сельсин дистанционного управления, 8 - исследуемый образец, 9 - мотор автоматического устройства для смены образцов, 10 - стальной тросик.

Если мишень достаточно тонкая, так что самоэкранированием можно пренебречь, то $\Sigma_U = N_U \sigma_U$, где N_U — число ядер урана в мишени, а σ_U — полное эффективное сечение захвата в уране.

Мощность источника быстрых нейтронов, связанного с тем же образцом, равна

$$Q_2 = f \Sigma_U n_{эфф} \tag{2}$$

Тогда, изменение плотности нейтронов в любой другой точке внутри призмы при внесении уранового образца будет равно

$$Dn_U = - k_1 f \Sigma_U + k_2 f \Sigma_U n_{эфф} , \tag{3}$$

где k_1 и k_2 — коэффициенты, зависящие от расстояния до места расположения мишени и от нейтронных параметров диффузионной среды в призме: длины замедления быстрых нейтронов L_f и длины диффузии тепловых нейтронов L.

Теперь поместим в ту же точку вместо образца урана образец чистого поглотителя (например, бора). Тогда эффект изменения плотности тепловых нейтронов будет связан лишь с поглощением тепловых нейтронов в образце и равен :

$$Dn_B = - k_1 f \Sigma_B , \tag{4}$$

где $S_B = N_B \sigma_B$, а N_B и σ_B — число ядер бора и эффективное сечение поглощения тепловых нейтронов в боре. Значения коэффициента k_1 и потока нейтронов f здесь такие же, как в (3).

Поделив уравнения (3) и (4) друг на друга, получим:

$$X = \frac{\Delta n_U}{\Delta n_B} = \frac{\Sigma_U}{\Sigma_B}(k\nu_{эфф} - 1) \tag{5}$$

где $K = k_2/k_1$, и окончательное выражение:

$$\nu_{эфф} = \frac{1}{K}(1 + X\frac{\Sigma_B}{\Sigma_U}) \quad (6)$$

Таким образом, для определения искомой величины $n_{эфф}$ нужно измерить относительный эффект изменения плотности нейтронов X в каком-нибудь месте призмы и знать (или измерить) отношение макроскопических сечений поглощения Σ_B/Σ_U обоих образцов, а также отношение коэффициентов $K = k_2/k_1$.

Для измерения эффектов Dn_U и Dn_B внутри призмы на некотором расстоянии от образцов располагается детектор тепловых нейтронов — борная ионизационная камера (/2/ на рис. 4), ток которой пропорционален плотности поля тепловых нейтронов.

И тут таилась первая серьезная трудность в осуществлении этой идеи измерения. Дело в том, что в реальных условиях (когда расстояние до камеры существенно больше L_r, а макроскопические сечения захвата образцов достаточно малы) изменения тока в камере, которые надо было измерять, были весьма малыми по сравнению с самим током:

$$\Delta I/I \sim 10^{-3} \quad (7)$$

А это означало, что для того чтобы осуществить измерение $n_{эфф}$ с точностью ± 1 %, нужно было обеспечить относительную чувствительность системы измерения тока камеры на уровне не хуже 10^{-5}.

Эта проблема была нами решена с помощью компенсационного метода измерения.

На некотором расстоянии от графитовой призмы на поверхности того же реактора располагалась вторая такая же камера (/3/ на рис. 4) с противоположной полярностью напряжения на электродах. Таким образом, токи обеих камер были протовоположного знака, и подстраивая величину второй (компенсационной) камеры с помощью дистанционно регулируемой кадмиевой заслонки, можно было добиться того, чтобы суммарный ток обеих камер, подаваемый на вход электрометрического усилителя, был близок к нулю (на уровне точности 10^{-5} от тока в каждой из камер).

В этом случае выходной прибор усилителя регистрировал непосредственно эффекты ΔI_U и ΔI_B при внесении соответствующих образцов.

Камеры представляли собой негерметичные алюминиевые коробки с большим числом алюминиевых пластин, соединенных через одну в две группы, одна из которых присоединялась к источнику питания, а другая — ко входу усилителя.

Все пластины, предварительно подвергнутые матированию, были покрыты тонким слоем аморфного бора (мы просто втирали бор пальцем в матированную поверхность).

Ток такой камеры в условиях нашего эксперимента составлял до 10 мкА, так что компенсация токов была на уровне 10^{-10} А. Интересно отметить, что на этом уровне уже были видны статистические флюктуации токов, для уменьшения которых пришлось использовать сглаживание с постоянной времени около 10 сек.

Величина отношения S_B/S_U могла быть просто вычислена. И веса образцов, и эффективные сечения поглощения были нам известны с достаточной точностью. И тем не менее, мы предпочли измерять это отношение непосредственно, в отдельном опыте. Для этой цели графитовая призма была разобрана вплоть до уровня, где располагался канал с транспортировочным устройством для подачи и смены образцов (рис. 5). Верхняя поверхность оставшейся части призмы была закрыта кадмием /4/, а измерительная камера /2/ располагалась над местом установки образцов /5/.

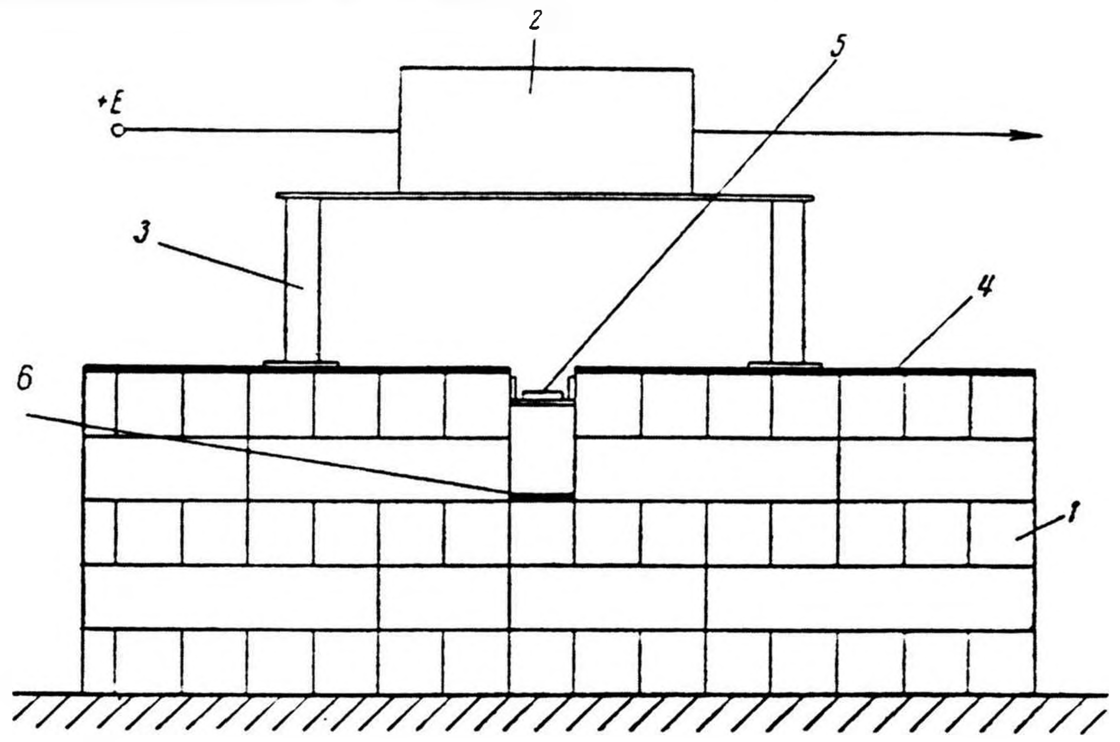


Рис. 5. Установка для измерения относительного поглощения:
1 - основание графитовой призмы, 2 - борная камера, 3 - подставка, 4 - кадмиевый лист, 5 - образец, 6 - кадмиевая заслонка для компенсации рассеяния.

В такой ситуации камера оказывалась совершенно не чувствительной к быстрым нейтронам деления, возникавшим в образцах делящихся материалов, что проверялось в отдельном опыте с помощью Po + Be источника нейтронов.

Для исключения эффекта от рассеяния тепловых нейтронов в образцах был применен следующий прием: под местом расположения образцов, на некоторой глубине устанавливалась небольшая заслонка из кадмия /6/ так, чтобы она бросала «тень» на часть камеры для нейтронов, проходящих через образец. В этой «затененной» части рассеяние нейтронов в образце приводит к увеличению тока в камере, в то время как в остальной ее части — к уменьшению тока. Размер и положение этой заслонки были подобраны так, чтобы эти два эффекта по возможности полностью скомпенсировали друг друга.

В результате помещение в рабочее положение любого образца вызывало лишь эффект уменьшения тока в камере за счет поглощения нейтронов.

Таким образом, измеренное отношение эффектов от той же пары мишеней (уран и бор), что и в первом опыте, непосредственно дает искомое отношение Σ_B/Σ_U.

Наконец, несколько слов об относительном аппаратурном коэффициенте $K = k_2/k_1$, входящем в расчетное выражение (6). Он также мог быть вычислен, так как теория замедления и диффузии нейтронов дает для него простое выражение. В случае, если расстояние между камерой и местом расположения образцов достаточно велико (более 70÷ 75 см), значение K близко к асимптотическому значению $K_\infty = \exp(L_f^2/L^2)$, где L_f и L, соответственно, длина замедления быстрых нейтронов и длина диффузии тепловых нейтронов в среде. Для графита $L_f = 17{,}5$ см, L = 50 см и $K_\infty = 1\,135$.

Однако, и в этом случае мы пошли по пути непосредственного измерения этого аппаратурного коэффициента.

Для этой цели в призму закладывались между слоями графитовых кирпичей алюминиевые листы разной толщины, и при этом измерялась величина $Kn_{эфф} = 1 + X\,\Sigma_B/\Sigma_U$ для образца с естественным ураном, а также длина диффузии L в тех же условиях. Зависимость экспериментальных значений $K\,n_{эфф}$ от $1/L^2$, как и следовало ожидать, оказалась близкой к линейной, и экстраполируя этот график к нулю (L= Г), где K = 1, можно было непосредственно определить величину $n_{эфф}$ (эти измерения были проведены с мишенью из естественного урана), а, следовательно, и значение K для призмы без дополнительных поглощающих алюминиевых листов.

В результате таких измерений была получена величина $K = 1{,}155 \pm 0{,}01$ в удовлетворительном согласии с приведенной расчетной оценкой. Эта величина и была затем использована в измерениях с другими изотопами урана и плутония.

Сводка значений $n_{эфф}$, полученных в этой работе в 1949 году , приведена в таблице:

Таблица

Значения $n_{эфф}$ при делении на тепловых нейтронах

Делящийся изотоп	$\nu_{эфф}$
Естественный уран	$1{,}337 \pm 0{,}017$
^{235}U	$2{,}065 \pm 0{,}025$
^{233}U	$2{,}280 \pm 0{,}028$
^{239}Pu	$2{,}035 \pm 0{,}025$

Мне особенно памятны эти измерения: это была моя первая серьезная и практически самостоятельная работа в Институте Курчатова. Памятны бесконечные дни и ночи, проведенные вместе с помогавшими мне лаборантом П.В. Чуевым и радиомехаником А.Я. Шулаковым в маленькой пультовой комнатке корпуса «монтажных мастерских», как тогда условно назывался реактор Ф-1. Рядом, за толстой бетонной стеной находилась шарообразная графитовая кладка реактора, на поверхности которого была смонтирована наша аппаратура. А в пультовой, на небольшом столике – самодельный

электрометрический усилитель тока с чувствительностью до 10^{-13} А, выходной стрелочный микроамперметр с зеркальным отсчетом, сельсины, с помощью которых регулировалось положение кадмиевых заслонок под компенсационной камерой для подстройки точной компенсации токов камер, кнопки дистанционного управления специальным электромеханическим транспортером для установки и смены образцов в измерительной призме, который соорудил наш механик И.С. Кузнецов... Все это стоит перед моим мысленным взором, и я слышу мерные щелчки в динамике на пульте управления реактором, частота которых сигнализировала об уровне мощности.

Значения $n_{эфф}$, показанные в таблице и полученные с весьма высокой для того времени точностью ±1,3 %, были впервые опубликованы в докладах советской делегации на первой Международной Конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве в 1955 году [6].

Там же были опубликованы результаты измерений $n_{эфф}$, проведенных другим методом в Лаборатории А.И. Алиханова (в то время Лаборатория № 3 АН СССР) [7], а также данные, полученные в США [8] и Великобритании [9].

После окончания этой работы И.В. Курчатов поставил перед нами новую задачу: исследовать, как изменяются величины $n_{эфф}$ с энергией поглощаемых нейтронов.

Эти исследования велись в лаборатории П.Е. Спивака в течение нескольких лет на нейтронном пучке нового построенного к тому времени реактора РФТ, а также на монохроматических нейтронах от фото-нейтронных источников — $^{124}Sb+Be$, $^{72}Ga+D_2O$, $^{24}Na+D_2O$ и $^{24}Na+Be$. В этих исследованиях принимали участие также И.Е. Кутиков, В.Н. Лавренчик, Г.А. Дорофеев, Ю.П. Добрынин.

Методика измерений была по сути дела развитием метода, о котором шла речь выше. Главным же ее отличием было то, что в качестве детекторов в этих работах мы применили пропорциональные счетчики с BF_3, так что регистрировались не малые изменения тока, а малые изменения скорости счета. Созданная тогда счетная аппаратура позволила проводить измерения эффектов на уровне вплоть до сотых долей процента.

На рис. 6 показаны результаты этих измерений, частично опубликованные на первой Женевской конференции, а затем уже и в печати [10,11]. Из них видно, например, что $n_{эфф}$ для ^{235}U существенно падает в эпитепловой области энергий нейтронов, что было весьма важно для проблемы ядерного бридинга.

Разработанная методика измерений $n_{эфф}$ в графитовой призме оказалась эффективной в дальнейшем и при решении других задач. Так, на базе нашей установки на реакторе Ф-1 после окончания первых измерений $n_{эфф}$ на тепловых нейтронах нами был создан постоянно действующий стенд для испытаний ТВЭЛов, которые начала выпускать атомная индустрия. Этот стенд просуществовал вплоть до 70-х годов, и на нем проводился выборочный контроль ТВЭЛов различной конструкции для промышленных реакторов, строившихся в СССР.

Мне представляется, что и в наше время эта методика может оказаться полезной в ряде случаев: для контроля степени обогащения урана или чистоты

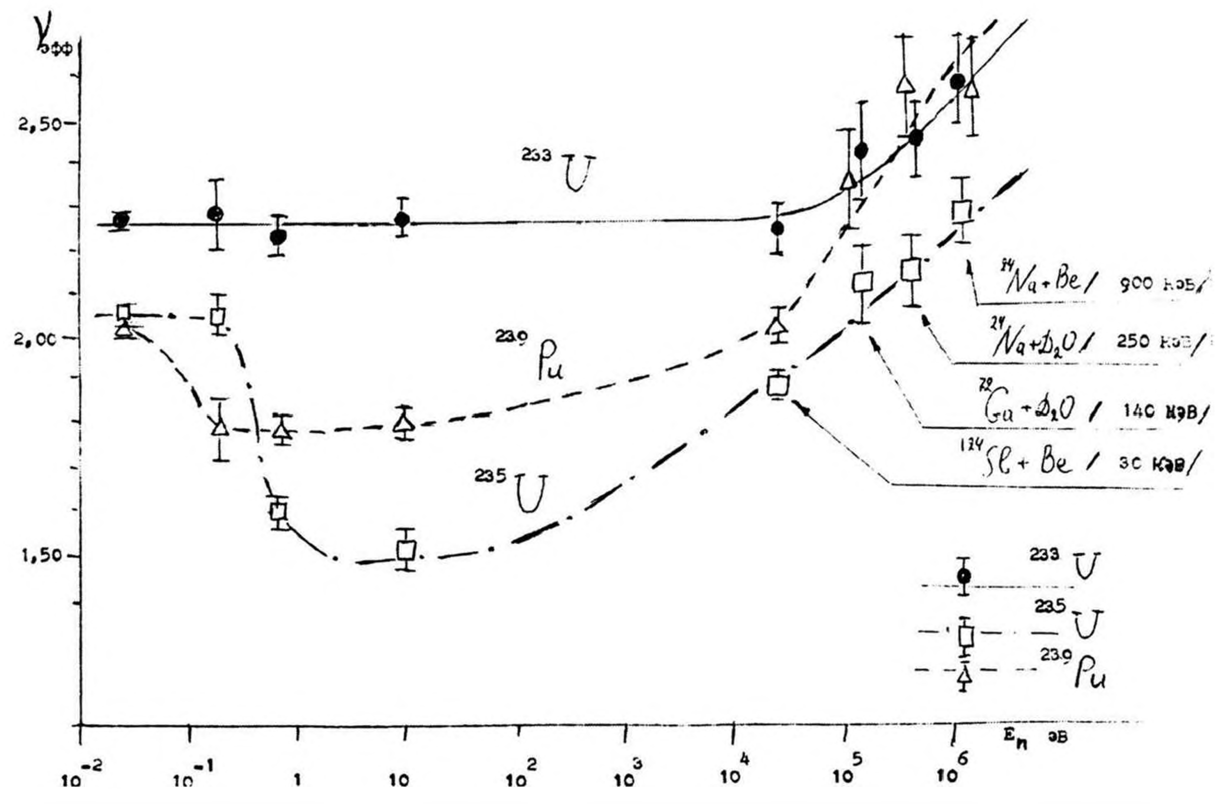


Рис. 6. Зависимость $n_{эфф}$ от энергии нейтронов для изотопов урана и плутония.

материалов, используемых в реакторостроении, для обнаружения следов делящихся материалов в образцах радиоактивных отходов или мусора, для прецизионных измерений $n_{эфф}$ новых делящихся изотопов и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Snell, L. Miller. Phys. Rev. vol. 74, 1217 (1948).
2. J. Robson, Phys. Rev. vol. 77, 747 (1950).
3. А.Н. Сосновский, П.Е. Спивак. Доклады Сов. делегации на Междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии в Женеве. Изд. АН СССР, стр. 235 (1955).
4. П.Е. Спивак. ЖЭТФ т. 94, 1 (1988).
5. B.G. Yerozolimsky. Contemporary Physics, vol. 35, 191 (1994).
6. П.Е. Спивак, Б.Г. Ерозолимский. Доклады Сов. делегации на Междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии. Изд. АН СССР, стр. 184 (1955).
7. А.И. Алиханов, В.В. Владимирский, С.Я. Никитин. Там же, стр.199.
8. H. Palevsky. Доклад № 587 на Междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии. Женева,1955.
9. P.A. Egelstaff. Там же.
10. П.Е. Спивак, Б.Г. Ерозолимский, Г.А. Дорофеев, В.Н. Лавренчик, И.Е. Кутиков, Ю.П. Добрынин. Атомная энергия, № 3, 13 (1956).
11. Те же авторы. Атомная энергия, № 3, 21 (1956).

НАЧАЛО ИЗМЕРЕНИЙ ЯДЕРНЫХ КОНСТАНТ В РФЯЦ-ВНИИЭФ

Серов В.И.

Первые советские атомные заряды были созданы с использованием минимальных ядерно-физических исследований. Наиболее важными были критмассовые измерения, в ходе которых был разработан ФКБН (физический котел быстрых нейтронов) и проводились простейшие измерения с источниками нейтронов и γ-квантов. Последующее создание термоядерного оружия потребовало значительно большего знания ядерных констант, для чего нужна была хорошая экспериментальная база. Её создание началось с изготовления ускорительных трубок на 150 кВ, на которых можно было получать нейтроны с энергиями 2,5 и 14,0 МэВ по реакциям $D(d,n)\,^3He$ и $T(d,n)\,^4He$, а также проводить измерения поперечных сечений взаимодействия легчайших атомных ядер с протонами, дейтронами и тритонами.

В отделе Г.Н. Флерова с 1950 г. началось изготовление двух ускорительных трубок — одна из них для измерений с моделью А.Д. Сахарова, а другая для константных измерений.

Измерение поперечного сечения реакции $T(d,n)\,^4He$ при энергиях дейтронов $E_d \geq 10$ кэВ — такая задача была поставлена перед нами, молодыми специалистами, появившимися в отделе (П.П. Лебедев, В.И. Серов). Руководил работой сам Г.Н. Флеров. Ускорительная трубка — работа Л.Б. Порецкого, электронику обеспечивал Б.А. Предеин.

Отсутствие опыта работы с вакуумной техникой и высоким напряжением у большинства сотрудников сильно тормозило работу. Очень помогло появление русского издания книги С. Дэшмана «Основы вакуумной техники», которая стала настольным пособием. Многие устройства изготавливались только из имеющихся в наличии деталей и материалов. Так, в качестве изолирующих элементов ускорительных трубок использовались стеклянные вакуумные колпаки, у которых была срезана верхняя часть. Эти первые ускорительные трубки были громоздкими сооружениями, так как конструировались с большим «запасом». Источники ионов дугового типа были изготовлены на основе общих принципиальных схем, приведенных в журналах, а поэтому переделывались не один раз, прежде чем были получены приемлемые токи. Фокусировка пучка подбиралась эмпирически на стенде. Тем не менее, к концу 1950 года мы с волнением наблюдали свечение кварца от разных масс ионного пучка на выходе ускорительной трубки после магнитного анализатора, рассчитанного мной.

В качестве поощрения за решение этой задачи я был представлен Ю.Б. Харитону. Юлий Борисович с удивительной дотошностью спрашивал у меня детали расчетов и конструкций, а также влияние рассеянного магнитного поля на прохождение пучка. Ионный пучок должен был попасть на мишень диаметром 15 мм, находящуюся в центре модели заряда, через длинную медную трубку.

Наконец с весны 1951 года приступили к решению проблем мишени. Однако, к этому времени уже началась подготовка измерений с моделью, чем и занялся П.П. Лебедев. Модельными измерениями руководил Ю.А. Зысин. Можно было наблюдать, как вручную на сверлильном станке готовились отверстия для активируемых образцов в деталях из «легкого слоя».

В качестве тонкой мишени было решено использовать насыщенный тритием слой титана толщиной ~ 40 мкг/см^2, который должен был приготовляться вакуумным напылением. Такой техники для изготовления мишеней в институте не было, поэтому я был командирован в Институт физических проблем в лабораторию А.И. Шальникова. По тем временам это была первоклассная лаборатория и хорошая школа для молодого специалиста. Александр Иосифович скептически отозвался о возможности за короткое время решить проблемы мишени, но оказывал всяческое содействие при проведении работы.

За лето были освоены методика напыления титана на вольфрамовые диски и взвешивание мишеней с достаточной точностью. Количество напыленного слоя определялось взвешиванием, а для более тонких слоев проводилась экстраполяция по времени напыления при контроле за температурой, которая определялась оптическим пирометром. Возникли проблемы с насыщением титановых слоев тритием. При насыщении титанового слоя приходилось дважды вскрывать вакуумную камеру: первый раз после напыления слоя и второй раз для насыщения, — при этом и происходило частичное окисление титана. В конце концов было изготовлено несколько мишеней, причем одновременно насыщались две мишени, сложенные слоями. Для получения нейтронов с E_n = 14,0 МэВ и измерений с моделью были изготовлены также «толстые» (~ 20 мкм) циркониевые мишени, насыщенные тритием. Работа по измерению поперечного сечения реакции T(d,n) ^{4}He была только на начальном этапе. Еще предстояли сложные измерения абсолютных количеств поглощенного трития, определение потерь энергии дейтронами в титановом слое и выход трития под пучком. Для получения точности не хуже 20% при E_d ~ 20 кэВ точность в определении E_d должна быть не хуже 1 кэВ. И дальнейшая работа по этой реакции была прекращена. В то время существовало правило, что наиболее важные работы выполнялись, как минимум, в двух институтах. Это создавало здоровое соревнование и способствовало скорейшему выполнению работ. В частности, реакция T(d,n) ^{4}He изучалась также в ФИАНе [1], поэтому прекращение работы в нашем институте не было критическим. К тому же в 1952 г. были опубликованы новые данные по этой реакции [2].

Только позднее мы смогли проводить такого класса работы уже с учетом накопленного опыта и без спешки, что видно из исследования реакций дейтронов и тритонов с легчайшими ядрами: ^{9}Be(d,t) 2^{4}He, T(t,2n) ^{4}He, ^{6}Li(t,n) 2^{4}He, ^{7}Li(t,n)^{9}Be и др. [3,4]. Необходимо учитывать, что все работы были опубликованы со значительным опозданием по сравнению с их выполнением.

К этому времени (осень 1951 г.) возникла потребность в данных о поперечных сечениях деления ядер ^{235}U и ^{239}Pu киловольтными нейтронами. Это область «тепловых нейтронов» для термоядерного устройства. У нас не было подходящих ускорителей для получения таких нейтронов, поэтому было принято решение провести измерения с фотонейтронами от радиоактивного источника $^{124}Sb \rightarrow {}^{124}Te + \beta^- + h\nu$. При этом с вероятностью 49% испускаются γ-кванты с Eγ=1,691 МэВ, которые на ^9Be позволяют получать нейтроны с E_v=24,0 кэВ. За счет замедления в графитовых сферах разного диаметра от 12 до 24 см получаются нейтроны с эффективными энергиями от 24,0 до 0,2 кэВ с увеличением полуширины пиков при уменьшении энергии. Расчеты нейтронных спектров были выполнены В.Б. Адамским. В настоящее время известно, что испускаются также γ-кванты с hν=2,091 МэВ (5,6%) и получаются нейтроны с E_v=424 кэВ. Небольшая примесь таких нейтронов приведет к неточности в σ_f меньше 8%. Работой руководил Ю.С. Замятнин. В работе принимали участие В.И. Серов, А.И. Веретенников, Л.Б. Порецкий, И.М. Израилев, М.И. Казаринова. Так как s_f для киловольтных нейтронов относительно малы, необходим источник γ-квантов большой интенсивности. Был изготовлен радиоактивный источник ^{124}Sb интенсивностью 20 Кюри.

Источник ^{124}Sb, окруженный бериллием, был помещен в трубу и пневмопочтой перемещался из защитного контейнера в графитовые сферы. Слои делящихся материалов ^{233}U, ^{235}U и ^{239}Pu были изготовлены в НИИ-9 (ГНЦ ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара). Использовались слои с максимально возможными количествами материалов (~ 20 мг для ^{235}U и 1÷2 мг для ^{233}U и ^{239}Pu). Ограничения в весе накладывались возможными наложениями импульсов от α-частиц. Для лучшего соотношения импульсов от α-частиц и осколков деления в ионизационных камерах использовалась часть пробега осколков деления за счет малого расстояния между электродами. Подбором давления газа Ar+10%CO_2 и напряжения на электродах ионизационной камеры был выбран лучший режим работы, который позволил получить небольшое «плато» в счетной характеристике даже с ^{239}Pu. Измерения проводились относительно борного счетчика, для которого хорошо известна зависимость $\sigma_\alpha(E_n)$, а также были получены данные для тепловых нейтронов. Сравнение полученных в то время данных с современными показывает, что имеются расхождения (~20÷25%), которые, скорее всего, обязаны уширению нейтронных спектров. Полученные сечения мы приписывали энергии нейтронов в максимуме спектра.

Работа завершилась большим научным отчетом, а полученные данные использовались теоретиками еще до написания отчета. Описанные здесь исследования показывают лишь в небольшой степени ход работ над моделью А.Д. Сахарова, которые проводились в РФЯЦ ВНИИЭФ в 1950-52 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.М. Балабанов, И.Я. Барит, Л.И. Кацауров, И.М. Франк, И.В. Штраних. Приложение № 5 к журналу Атомная энергия. 1957, с. 57.
2. J.P. Conner, T.M. Bonner, J.P. Smith. Phys. Rev. 88, c. 468, 1952.
3. В.И. Серов, Б.Я. Гужовский. А.Э. 12, с. 5, 1962.
4. В.И. Серов, С.Н. Абрамович, Л.А. Моркин. А.Э. 42, с. 59, 1977.

ЯДЕРНО-КОСМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Федик И.И.

1. КОНЦЕПЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯДЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ЯРД)

Работы по созданию ядерных ракетных двигателей (ЯРД) в СССР начались во второй половине 50-х годов. Начало практической реализации проектов ЯРД относится к 1959 году, когда было принято решение об использовании создаваемого высокопоточного импульсного реактора (ИГР) для прямого эксперимента.

С самого начала вырисовывались две концепции двигателя: нагрев газа непосредственно в реакторе и выброс его через сопло, создавая реактивную тягу. Второй путь предусматривал создание космических ядерных электроустановок, питающих электродвигатели различного типа и обслуживающих бортовую аппаратуру.

Остановлюсь более подробно на первом варианте, который был реализован в наземных условиях.

При выборе направлений ЯРД рассматривалось несколько параллельных идей, а именно: реактор с твердофазной активной зоной (схема А), с жидкостной зоной (схема Б) и газообразной зоной (схема В). В случае последнего варианта, над которым долгое время велись исследования, предполагалось, что ТВЭЛ будет состоять из газообразных соединений обогащенного урана, где при больших давлениях можно осуществить цепную реакцию. В этом случае можно было значительно поднять температуру рабочего тела, а значит, и удельный импульс.

Уже на первом этапе исследований стало ясно, что начинать надо с твердофазной активной зоны.

Чтобы понять трудности задачи, достаточно назвать несколько цифр. ЯРД оправдан и имеет преимущества перед обычными ракетными двигателями, если удельный импульс увеличится в 2,5-3 раза. Удельный импульс показывает, в течение скольких секунд двигатель может давать тягу в 1 кг при сгорании 1 кг топлива или выброса 1 кг газа в случае ЯРД. Для ракетных двигателей этот показатель достигает 350 секунд, для ЯРД наметили 950 секунд. А это значит, что температура газа должна превышать 3000 К, а температура ТВЭЛа — 3200 К. За этим следуют не менее жесткие требования: активная зона должна быть

компактной, чтобы сэкономить на весе как реактора, так и защиты, при этом плотность энерговыделения в среднем по зоне должна превышать 10 МВт на 1 литр. Если сложить эти требования с требованиями к нейтронно-физическим характеристикам материалов тепловых реакторов, то круг возможных материалов реактора сильно сузится и останутся лишь карбиды, нитриды, карбонитриды тугоплавких металлов: циркония, молибдена, ниобия, а также графит, вольфрам. Итак — керамическая активная зона.

Первые оценки показали, что для решения этой проблемы необходимо привлечь крупные коллективы НИИ, КБ и заводов, а также создать новые предприятия и мощную стендовую базу по отработке элементов, реакторов и самих ядерных двигателей. Эта проблема привела к созданию ПНИТИ (НПО «Луч») и ОЭ НПО «Луч» (Институт атомной энергии Казахстана).

В начале 60-х годов была определена кооперация разработчиков ЯРД по двум основным аппаратам: ИАЭ им. И.В. Курчатова стал научным руководителем стендового реактора ИВГ-1 по отработке основных элементов и ТВС двигателя, главным конструктором его стал НИКИЭТ, конструктором-технологом активной зоны был назначен ПНИТИ (НПО «Луч»). Однако, еще до создания ПНИТИ, первые конструкции и материалы ТВЭЛов были предложены ВНИИНМ им. А.А. Бочвара. По наземному варианту двигателя малой тяги (3-4 тонны и мощностью 200 МВт) научным руководителем реактора стал ФЭИ, главным конструктором двигателя и реакторов – КБХА, научным руководителем двигателя – НИИТП, а функции конструктора-технолога активной зоны некоторое время спустя перенял ПНИТИ от НИИТП.

Здесь названы лишь основные исполнители. Множество заказов по этой проблеме выполняли десятки НИИ и КБ, заводов, комбинатов и учебных институтов, но основная тяжесть проблемы приходилась на Минсредмаш. Не вдаваясь в подробности конструкции самого реактора-двигателя, отмечу основные принципы, которые вывели нас вперед, позволили обойти развитые страны на много лет.

Первое — решение конструктивное: создание канального реактора, состоящего из множества идентичных ТВС. Это экономило и время, и средства на поузловую отработку реактора. Равномерность нагрева газа обеспечивается закруткой ТВЭЛа, а также профилированием загрузки урана по поперечному сечению канала.

Второе — решение материаловедческое: использование более тугоплавких и стойких в водороде карбидов и карбидографитов циркония, ниобия, урана для ТВЭЛов и частично для теплоизоляции. В США первые реакторы типа «Киви», «Фобус», «Нерва» были гомогенными с графитовой активной зоной, что не позволило поднять температуру водорода выше 2500 К и значительно снизило удельный импульс.

Реактор работает, как прямоточный двигатель. Холодный водород поступает к днищу реактора, то есть в сопловую часть, охлаждает корпус реактора, металлические корпуса ТВС, замедлитель, а далее разворачивается и попадает внутрь ТВС, где нагревается от ТВЭЛов до 3100 К, тем самым ускоряется до высоких скоростей и выбрасывается в сопло.

За 5 лет с 1966 по 1971 гг. были созданы основы технологии таких реакторов-двигателей, а еще через несколько лет была введена в действие мощная экспериментальная база под названием «экспедиция № 10», впоследствии ОЭ НПО «Луч» на Семипалатинском ядерном полигоне.

В 1975 году был проведен первый энергетический пуск реактора ИВГ-1. Это был крупный шаг в деле создания космических ядерных двигателей. Предварительные испытания ТВС проводились на реакторе ИГР.

Параллельно в ОС создавался стенд для испытания двигательного варианта реактора ИРГИТ и через несколько лет были проведены испытания таких двигателей на разной мощности. Общий вид реактора ИРГИТ представлен на рисунке.

Один из таких реакторов впоследствии был переоборудован в материаловедческий исследовательский реактор малой мощности, который работает до сих пор.

Каких принципиальных успехов мы достигли, создавая реакторы-двигатели?

Проведено более полутора десятка натурных испытаний на реакторе ИВГ-1 и получены следующие результаты: максимальная температура водорода — 3100 К, удельный импульс — 925 секунд, удельное тепловыделение — до 10 МВт/литр, общий ресурс — более 4000 секунд при последовательных 10 включениях реактора. Эти результаты значительно превосходят американские достижения на графитовых зонах.

Следует заметить, что за все время испытаний, несмотря на открытый выхлоп струи газа, выход радиоактивных осколков деления никогда не превышал допустимых норм ни на полигоне, ни за его пределами и не был зарегистрирован на территории сопредельных государств.

Но более важным результатом этой работы является то, что в России созданы основы технологии таких реакторов, получены новые тугоплавкие материалы, а факт создания реактора-двигателя породил ряд новых проектов и идей.

Уникальность реактора ИВГ-1 еще и в том, что путем штатной технологии замены ТВС он может работать на различных рабочих телах. Одна из зон специально изготовленных ТВС работала на азоте, и была достигнута температура газа до 2500 К; сейчас реактор загружен каналами с водяным охлаждением, кроме одного центрального.

По свидетельству российских и американских специалистов в области космической ядерной энергетики, первый реактор — стенд ИВГ-1 является сегодня единственным в мире сохранившимся в рабочем состоянии испытательным аппаратом, способным сыграть важную роль в экспериментальной отработке ТВС реакторов ЯРД и ЯЭДУ.

Среди инженерных проектов следует отметить разработанное предложение о создании воздушно-космического самолета на основе реактора ЯРД с мощностью 7,5 тыс. МВт. Такой самолет с горизонтальным взлетом от земли сначала использует химическое топливо, а далее должна работать атомная энергия. Это предложение обсуждается как один из способов решения проблемы восстановления озонного слоя земной атмосферы. Ведутся проработки

двухцелевых реакторов, способных работать и как двигатель, и как генератор электрической энергии. Будущее космической энергетики именно за такими бимодальными реакторными установками.

Сегодня еще не решены все проблемы комплекса реактор — двигатель — ракета. Над этой задачей работало много известных ученых. Среди них: Александров А.П., Пономарев-Степной Н.Н., Конопатов А.Д., Доллежаль Н.А., Иевлев В.М. Емельянов Н.Я., Данилов Ю.И., Уласевич В.К., Талызин В.М., Котельников Р.Б., Русское О.П., Подладчиков Ю.Н., Пупко В.Я., Трескин Ю.А., Белогуров А.И., Барсуков В.М., Шишкин С.П., Могильный И.А., Денискин В.П., Смирнов А.И., Черепнин Ю.С., Дьяков Е.К., Павшук В.А., Попов Е.Б., Нежевенко Л.Б., Моргулис У.Я., Васильковский В.С, Грознов В.Н.

2. РЕАКТОР-ГЕНЕРАТОР ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Начало космическим ядерным источникам тока положила установка «Ромашка». Это высокотемпературная установка без принудительного охлаждения, в которой тепло передается от активной зоны к термоэлектрическим преобразователям, вырабатывающим электрическую энергию. Это компактный реактор на быстрых нейтронах с высокотемпературными ТВЭЛами на основе дикарбида урана 90-процентного обогащения, отражатель – бериллий, конструкционный материал активной зоны — графит. Эта установка проработала на стенде в ИАЭ свыше 15000 часов. Главными исполнителями и разработчиками здесь были ИАЭ им. Курчатова, СФТИ и ПНИТИ (НПО «Луч»). Установка «Ромашка» подтвердила выводы о высокой надежности и перспективу использования подобных реакторов для космоса. Это было более 30 лет тому назад.

Вслед за ней появились установки типа «Бук» с быстрым реактором и двумя контурами теплоносителя. Один передает тепло из реактора на термоэлектрическую батарею, а второй отводит тепло от батареи в космическое пространство. Электрическая мощность их была около 3 кВт и ресурс до 4 месяцев. Отмечу, что этот источник электричества блестяще справился с проблемой бортовой энергетики на спутниках специального назначения. Главный конструктор этой разработки — НПО «Красная Звезда», научный руководитель — ФЭИ, системой преобразования занимались СФТИ, ФЭИ, ПНИТИ и другие.

Вскоре на смену этому источнику энергии появился ряд термоэмиссионных преобразователей ядерной энергии в электрическую типа «Топаз». Требовались малогабаритные, легкие, более мощные источники энергии с многолетним ресурсом (5-7 и более лет). Этим требованиям мог удовлетворить термоэмиссионный способ преобразования энергии. Здесь рассматривалась идея совмещения катода с ТВЭЛом реактора. В начале 60-х годов начались работы по созданию «Топаза» и «Енисея» сразу в нескольких организациях: НПО «Красная Звезда», ФЭИ, ИАЭ, СФТИ, ЦКБН, ПНИТИ, НИКИЭТ, МАИ и других. Параллельно шли разработки двух типов аппаратов: многоэлементного, где в одном ЭГК последовательно включено несколько элементов, и одноэлементного.

Более подробно рассмотрим одноэлементный вариант под названием «Енисей», известный в мире как «Топаз-2».

Вес всей системы — 1000 кг, но сам реактор совсем небольшой: высота активной зоны — 485 мм, диаметр — 260 мм, мощность — 5-6 кВт, ресурс — несколько лет.

Проектируемая установка «Топаз-3» характеризуется мощностью 40 кВт. В установке имеется возможность заправлять топливо в самый последний момент, то есть на старте ракеты, а все процедуры о готовности реактора к работе проверяются с помощью электрических нагревателей, которые устанавливаются внутри катода вместо уранового топлива, а затем заменяются.

Такой реактор работает по следующей схеме: ТВЭЛ-катод нагревается ядерным топливом, а анод охлаждается эвтектическим калий-натриевым сплавом с помощью излучателя. Главным элементом такого реактора является ЭГК, и его проблемы являются основными в создании таких установок.

ЭГК состоит из катода диаметром около 20 мм, анода с электроизоляционным покрытием, системы компенсации термического расширения и системы вывода газообразных осколков деления из катода. Между анодом и катодом имеется зазор величиной около 500 микронов, заполненный парами цезия. При работе реактора катод разогревается до 1650°С, создавая ток эмиссии. Катод дистанционируется от анода фиксаторами из окиси скандия и состоит из металлической трубки на основе монокристаллов молибден-ниобиевого сплава, покрытого кристаллом изотопного вольфрама.

Хотя монокристаллический катод является составным, сварной шов остается монокристаллическим. Такой катод не только сдерживает распухание топлива, но также тормозит диффузионное продвижение урана через его стенку. Эта кажущаяся простота досталась большими усилиями и создала ряд новых технологий, которые находят применение в других отраслях техники.

Несколько слов о топливе. В основном использовалась двуокись урана 90-процентного обогащения. Однако проблема распухания топлива привела к «конструированию» его в так называемую столбчатую структуру, способствующую выходу осколков деления в полость и отводу их в космос, что значительно увеличило ресурс работы ЭГК. Вакуумплотные изоляционные узлы созданы на основе соединения лейкосапфира-электроизолятора с металлом методом пайки. ЭГК — это сгусток самых высоких технологий на основе тугоплавких металлов и керамики. Кроме двуокиси урана, в качестве топлива рассматривались нитриды и карбиды урана и их смеси.

Особую задачу для решения проблемы «Топаза» представляет гидридный замедлитель. Требования по удержанию водорода при высокой температуре привели к созданию специальных покрытий.

При решении проблемы термоэмиссионного ядерного генератора электроэнергии была создана мощная научно-исследовательская, технологическая, производственная и испытательная базы. Проведены летные испытания двух аппаратов «Топаз-1».

Были разработаны десятки высокотемпературных установок по испытаниям узлов и деталей, создана технология изготовления монокристаллов тугоплавких металлов, разработан не один десяток петлевых каналов. Испытания проводились в СФНИКИЭТ, ИАЭ, ФЭИ, Ташкенте, Алма-Ате, НИИАР,

Лыткарино, ЦКБН, НПО «Луч». Реакторные испытания порой продолжались более двух лет.

Разрабатываются термоэмиссионные ЯЭУ средней и высокой мощности с унифицированными многоэлементными ЭГК, параметры которых в 2-3 раза выше существующих. Широкие перспективы использования имеет разрабатываемый термоэмиссионный преобразователь с малым межэлектродным зазором. Рассматриваются каскадные энергосистемы на базе такого ТЭП.

Эти разработки предполагается использовать также для космической и наземной солнечной энергетики. В результате конверсии лучшие достижения в технологии ЯРД и термоэмиссии нашли свое применение при создании новых химических источников тока, электрических и тепловых аккумуляторов, в создании оборудования для электронной промышленности и т.п.

Выше я уже говорил о кооперации, которая сложилась еще в начале 60-х годов. Существенный вклад в разработку термоэмиссионных преобразователей внесли: Миллионщиков М.Д., Малых В.А., Гвердцители И.Г., Грязнов Г.М., Пономарев-Степной Н.Н., Менабде Н.Е., Пупко В.Я., Никитин В.П., Оглоблин Б.Г., Николаев Ю.В., Кухаркин Н.Е., Усов В.А., Ижванов Л.А., Сербин В.И., Засорин, Аркин Л.А., Квасников Л.А.

ЯРД и ЯЭДУ не исчерпывают всей совокупности космической ядерной энергетики. Заманчивая идея использовать атомную энергию для генерации лазерного излучения уже начала осуществляться на земле. Например, в реакторе ИГР ОЭ НПО «Луч» на основе азотных каналов ЯРД был создан ГДЛ с тепловой накачкой газовой CO_2-смеси и достигнуты высокие съемы энергии до 50 кВт в луче при расходе газа 1 литр в секунду.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ядерная энергетика в космосе впитала в себя последние достижения науки и техники. Помимо престижа и гордости Российской науки, для будущего технического прогресса ядерная энергетика создала мощные предпосылки высокотемпературной энергетики вообще и для создания новых керамических высокотемпературных материалов в частности. По существу, все, что было здесь изложено, — это технологии двойного назначения.

ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В КОСМОСЕ: 1958 И 1962 ГОДЫ

Темный В.В., Завидонов И.В.

Первые два ядерных взрыва за пределами тропосферы были произведены США в обстановке полной секретности 1 и 12 августа 1958 г. над островом Джонстон в Тихом океане (169° з. д., 17° с. ш.): «Teak» — на высоте 76,8 км в $10^h\ 50^m\ 05^s$ UT и «Orange» — на 43 км в $10^h\ 30^m\ 08^s$ UT [1]. При их подготовке, по-видимому, считали, что заряженные частицы – продукты этих взрывов — могут уйти от Земли вдоль ее магнитных силовых линий к экваториальной плоскости и затем в межпланетное пространство. До запуска первых спутников предполагали, что оно начинается на расстоянии более 3 земных радиусов (см. рис. 1 из [2]).

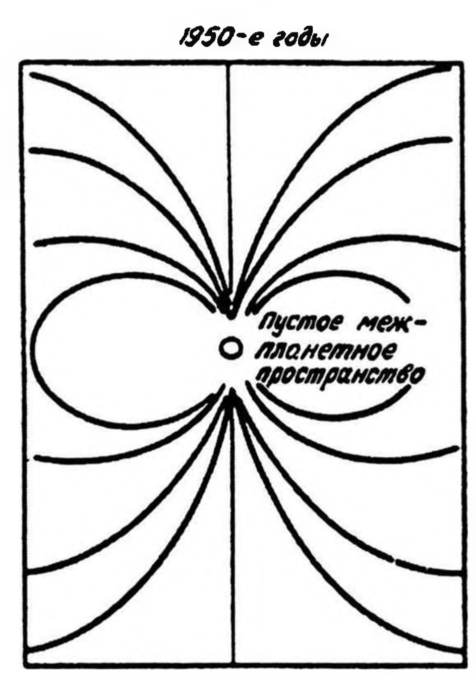


Рис. 1. Представление об околоземном космическом пространстве (геокосмосе) перед началом запусков искусственных спутников Земли (из [2])

В моменты этих двух высотных ядерных взрывов и сразу же после них оптическими методами удалось наблюдать распространение их продуктов вдоль силовой линии до высоты 600 км на экваторе и затем к сопряженной точке в

южном полушарии. В результате в трубке силовых линий возникали яркие атмосферные эмиссии. Их спектры оказались сходными с теми, что наблюдаются в естественных полярных сияниях, вызванных вторжением заряженных частиц. Многочисленные наблюдения двух искусственных «экваториальных полярных сияний» [3-5, 5а] сделали взрывы «Teak» и «Orange» секретом Полишинеля. По-видимому, поэтому позже Комиссия по атомной энергии и Министерство обороны США сделали официальное сообщение о месте и времени проведения этих взрывов, объявив о том, что они были термоядерными. Позже возникло остающееся и ныне сомнение в том, что количество инжектированных в радиационные пояса электронов соответствовало мощности термоядерных взрывов.

Основные наблюдения за распространением электронов от взрывов «Teak» и «Orange» велись с 15 августа по 2 сентября 1958 г. на ракетах в рамках проекта ВВС США «Jayson». С восточного побережья США на высоты от 700 до 940 км было произведено 19 запусков ракет. Их бортовыми счетчиками Гейгера регистрировались потоки электронов. По результатам 13 успешных запусков удалось определить, что продолжительность спада интенсивности электронов от взрывов уменьшилась на порядок величины за 2 недели [5б]. Запущенный 26 августа 1958 г. искусственный спутник Земли (ИСЗ) «Explorer-4» был специально подготовлен для регистрации заряженных частиц от высотных ядерных взрывов. Однако, за прошедшие 40 лет на основе его данных не появилось ни одной публикации об обнаружении продуктов «Teak», в отличие от последующих взрывов «Argus» [5в].

Взрывы «Teak» и «Orange» принесли довольно скудные сведения о загрязнении ближнего геокосмоса. Тем не менее, они стимулировали основное открытие начала космической эры — радиационные пояса Земли. Первые шаги к нему были сделаны Джеймсом Ван Алленом (Университет штата Айова, отдел физики, США). Во время полета двух первых американских ИСЗ «Explorer-1» и «Explorer-3» в феврале-марте 1958 г. его группа обнаружила в ближнем приэкваториальном геокосмосе высокие уровни радиации. Дж. Ван Аллен и его коллеги вначале объясняли ее природу проникновением на экватор электронов из зоны полярных сияний [6]. Существование интенсивных потоков электронов в тех же приэкваториальных, а также и в приполярных областях экспериментально доказал в середине мая 1958 г. В.И. Красовский (Отдел физики верхней атмосферы, Институт физики атмосферы — ИФА АН СССР) на первых витках III советского ИСЗ [7,8]. С.Н. Вернов (Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета — НИИЯФ МГУ) зарегистрировал на этом же ИСЗ достаточно интенсивные потоки протонов с энергиями в десятки МэВ. Он, А.И. Лебединский (Физический факультет МГУ) и их коллеги объясняли их происхождение β-распадом нейтронов альбедо космических лучей, взаимодействующих с земной атмосферой [9,10]. Обсуждение всех этих результатов на V Ассамблее Международного Геофизического Года (МГГ) в начале августа 1958 г. в Москве позволило сделать вывод о существовании «земного корпускулярного излучения» (ЗКИ) — заряженных частиц, захваченных геомагнитным полем, т. е. совершающих ларморовское вращение и колебательные движения относительно его силовых линий [7-10]. Возможность

дрейфового движения частиц могла быть экспериментально установлена по определению их глобального распространения от такого точечного источника, как, например, ядерные взрывы в космосе.

Вполне возможно, что анализ первых результатов наблюдений высотных ядерных взрывов «Teak» и «Orange» стимулировал их организаторов срочно заняться поисками механизма распространения потоков электронов поперек геомагнитных силовых линий из Восточного полушария к территории США. Предложенная ранее Дж. Ван Алленом физически необоснованная возможность переноса авроральных электронов к экваториальной плоскости из зоны полярных сияний [5в] не подходила для объяснения результатов наблюдений проекта «Jayson». Поэтому можно считать, что участники этого проекта могли обратить внимание на дрейфовый механизм переноса захваченных электронов от взрыва. Этот механизм рассматривался ранее теоретиками, работавшими над созданием зеркальной ловушки управляемого термоядерного синтеза, астрофизиком Х. Альфвеном, геофизиком С.Ф. Зингером.

Основанием для этого предположения может служить хронологическая последовательность событий после проведения взрывов:

1 августа — произведен взрыв «Teak» на высоте 77 км [1].

9 августа — после завершения V Ассамблеи МГГ из Москвы в Мэрилендский университет вернулся С.Ф. Зингер, обсуждавший с С.Н. Верновым, В.И. Красовским, А.Е. Чудаковым, А.Е. Лебединским происхождение «земного корпускулярного излучения» — протонов с энергиями в десятки-сотни МэВ и электронов с энергиями в десятки-сотни кэВ от β-распадов нейтронов альбедо, возникающих при взаимодействии космических лучей с атмосферой. Возможно, что дрейфовый механизм распространения электронов вокруг всего земного шара мог заинтересовать участников проекта «Jayson» и побудить их обратиться к С.Ф. Зингеру с вопросом о применимости его теории для объяснения наблюдавшихся над США потоков электронов от высотного ядерного взрыва «Teak». Для него же факт такого далекого распространения электронов от этого взрыва мог стать экспериментальной проверкой справедливости его гипотезы о дрейфовом движении электронов и протонов, захваченных геомагнитным полем [11]. Только так можно объяснить тот факт, что уже 11 августа С.Ф. Зингер сдал в журнал «Physical Review Letters» свою первую статью «Радиационный пояс и захваченные частицы альбедо космических лучей» [12], на следующий день 12 августа — в день взрыва «Orange» — вторую — «Теория захваченных частиц радиационного пояса» [13]. Обращает на себя внимание даже не тот факт, что обе статьи были опубликованы в рекордно короткие сроки – в августовском номере (№5) «Physical Review Letters», а то, что они были представлены в печать Научным отделом ВВС США.

В этих статьях впервые было введено понятие «радиационный пояс Земли». Его основным отличием от предложенного С.Н. Верновым — «земное корпускулярное излучение» является дрейфовое движение захваченных частиц. Иллюстрацией его, а также ларморовского, колебательного движения частиц радиационного пояса может служить рис. 2 [14].



Рис. 2. Иллюстрация ларморовского, колебательного и дрейфового движения заряженных частиц в радиационных поясах Земли (из [14])

Основные научные результаты об искусственных радиационных поясах вокруг Земли были получены со спутника «Explorer-4» при исследовании последствий трех высотных американских ядерных взрывов «Argus», произведенных над Южной Атлантикой 27, 30 августа и 6 сентября 1958 г. Подготовку и проведение исследований последствий этих взрывов на искусственных спутниках Земли инициировал Николас Кристофилос в конце 1957 г. Он работал над созданием лабораторной магнитной ловушки заряженных частиц «Astron» [5г]. Открытие захваченной радиации естественного происхождения в период подготовки взрывов «Argus» вызвало огромный интерес со стороны исследователей США, работавших в областях управляемого термоядерного синтеза, изучения геомагнитного поля, а также Комиссии по атомной энергии, Армейского управления баллистических снарядов Лаборатории ракетных двигателей и многих других ведомств США. Они поддержали усилия д-ра Джеймса Ван Аллена и его сотрудников — Э. Рея, Г. Людвига и К. МакИлвэйна из Отдела физики Университета штата Айова по разработке и изготовлению исследовательской бортовой аппаратуры для двух ИСЗ — «Explorer-4» и «Explorer-5». Запуск последнего оказался неудачным.

После 6 сентября, когда были получены первые сведения об образовании трех искусственных радиационных поясов от высотных взрывов «Argus-1,-2,-3», несколько научных групп начали вести напряженный анализ материалов ИСЗ «Explorer-4» в обстановке полной секретности. Лишь через семь месяцев — к концу апреля 1959 г. полученные материалы о последствиях этих трех ядерных взрывов в космосе были рассекречены. Они были доложены на специальном симпозиуме, организованном 29 апреля 1958 г. Министерством обороны вместе с Комиссией по атомной энергии США и опубликованы в № 8, 1959 г. «Journal of Geophysical Research» (переведены на русский язык в 1960 г. [5]). В этих семимесячных закрытых обсуждениях результатов участвовали Н. Кристофилос, Э. Теллер, Т. Нортроп, П. Фаулер, В. Панофски и многие другие американские физики, геофизики и математики-вычислители.

Было установлено, что 3 тонких искусственных радиационных пояса опирались на места трех маломощных взрывов «Argus» и опоясывали весь земной шар. Они надежно выделялись на фоне двух естественных поясов, так как попали в «щель» между ними. Пояса от взрывов «Argus» были образованы на силовых линиях, удаленных на экваторе от центра Земли на 1,72; 2,12 и 2,17 земных радиуса (см. рис. 3 [5в] и 4а, б из [17а,б]). В течение трех недель активного существования «Explorer-4» ощутимого смещения этих радиационных поясов с указанных силовых линий и ощутимого размытия их по толщине не наблюдалось [5в]. Вычисления на лучших американских ЭВМ того времени в Научном отделе ВВС США [22] позволили определить топологию реального геомагнитного поля, в котором частицы движутся с сохранением трех инвариантов движения. Обобщение характеристик такого движения выполнили Т. Нортроп и Э. Теллер в работе, ставшей классической [16].

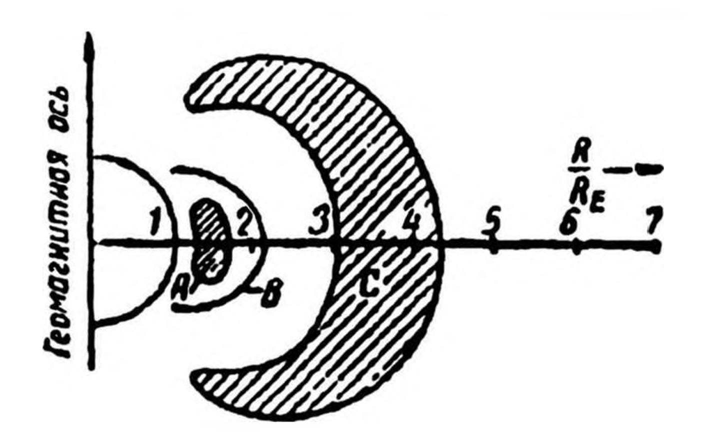


Рис. 3. Положение искусственных радиационных поясов от высотных взрывов «ARGUS-1,-2,-3» (B) относительно внутреннего (A) и внешнего (C) поясов естественного происхождения (из [10, 15])

На основании расчетов параметров геомагнитного поля, выполненных в 1959-1960 гг. в Научно-исследовательском отделе ВВС США [5д, 22] К. МакИлвэйн в 1961 г. создал систему геофизических или «естественных» координат реального геомагнитного поля [17а]. Она позволила представлять уровни интенсивности захваченной радиации в двухмерном виде — в зависимости от параметров L (геоцентрического экваториального удаления реальной силовой линии в земных радиусах Re) и B (локальной напряженности геомагнитного поля) независимо от географической долготы места наблюдений. Иллюстрацией перехода из географической системы координат к системе геомагнитных (L,B)-координат могут служить рисунки 5а [5в] и 5б [17а]. На рис. 5а приведены значения постоянных уровней: напряженности геомагнитного поля B, продольных инвариантов I и L-оболочек для дипольного поля, ось которого совпадает с осью вращения Земли. На рис. 5б указаны уровни значений геомагнитной инвариантной широты I и геоцентрических расстояний R (в земных радиусах) в системе координат (L,B). Эта система оказалась применимой не только к магнитосфере Земли, но и к магнитосферам планет-гигантов: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна.

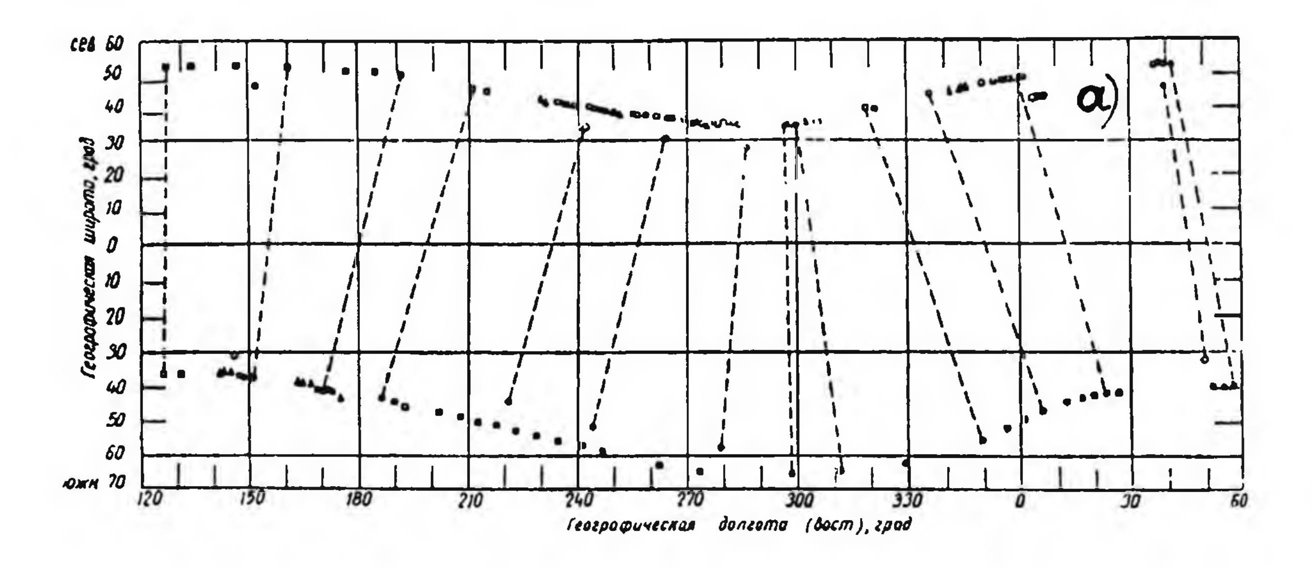


Рис. 4. Наблюдавшиеся на ИСЗ «Explorer-4» положения оболочек захваченных электронов от высотных ядерных взрывов «ARGUS-1,-2,-3»:
а) в географической системе координат проекции на поверхность Земли вдоль силовых линий (светлые символы) с указанием расчетных сопряженных точек в противоположном полушарии (темные символы) [15]; б) в геомагнитных координатах (L,B) [17а]

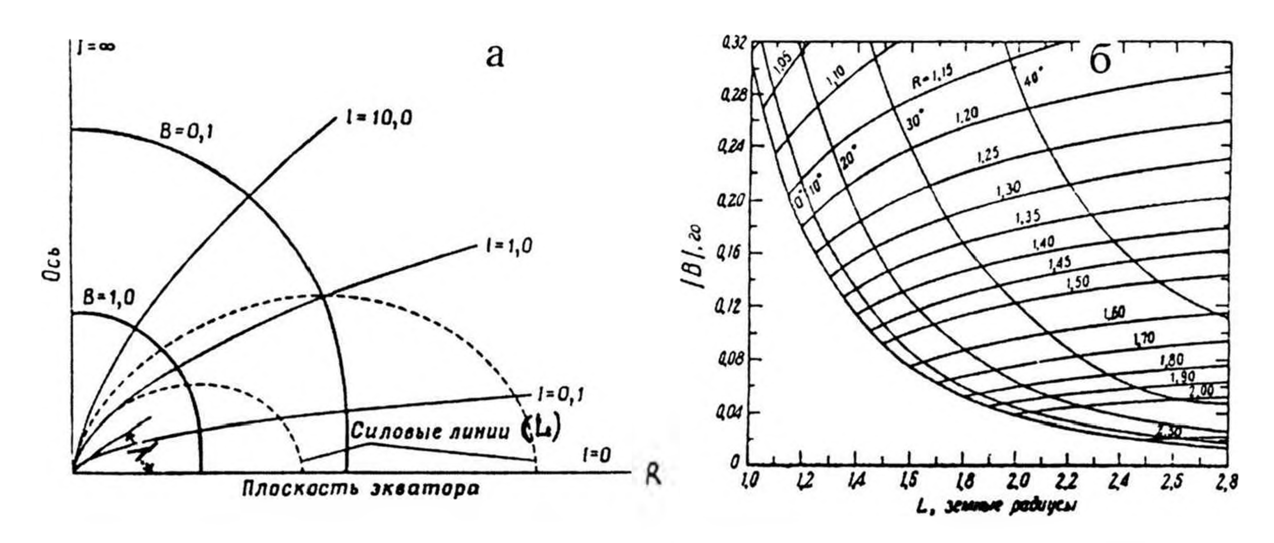


Рис. 5. Графическое представление инвариантной системы координат (L,B) и I:
а — в поле идеального геомагнитного диполя: координаты (R,λ);
б — отображение полярных координат (R,λ) на плоскости (L,B).

Была установлена следующая особенность геомагнитного поля: в первом приближении центр геомагнитного диполя смещен относительно центра Земли на 430 км от меридиана, проходящего через юг Атлантики. В результате проходящие над этим местом дрейфовые траектории захваченных частиц поднимаются над восточным полушарием на 860 км, а дрейфовые траектории с восточного меридиана, противоположного югу Атлантики, опускаются с высот 960 км ниже 100 км в западном полушарии и поэтому становятся разомкнутыми. В результате захваченные на них заряженные частицы при дрейфе вокруг Земли (электроны — на восток, ионы — на запад) поглощаются в плотной атмосфере над Южно-Атлантической аномалией (ЮАА) на высотах менее 100 км.

Заряженные частицы на замкнутых дрейфовых траекториях (поднимающихся в экваториальной плоскости на высоты более 960 км в Восточном полушарии, что соответствует L>1,15) являются захваченными и образуют радиационный пояс. Географическая точка места взрыва «Starfish» соответствует разомкнутой дрейфовой траектории для L=1,12 при напряженности геомагнитного поля в месте взрыва B=0,29 нТ. Заряженные частицы — продукты взрыва могли заполнить всю эту L-оболочку вплоть до ее экваториальной точки, поднявшись до высоты 0,12 Re (760 км) в экваториальной плоскости. Однако, поскольку она находится на разомкнутой дрейфовой траектории, то заряженные частицы от взрыва при дрейфе вдоль L<1,12 должны были поглотиться в плотной атмосфере. Однако, реальное развитие явления происходило совсем иначе.

При подготовке в космосе термоядерного взрыва мощностью 1,4 Мт военные специалисты США руководствовались, по-видимому, этой особенностью геомагнитного поля. Взрыв был произведен 9 июля 1962 г. над островом Джонстон в Тихом океане на высоте 400 км под кодовым названием «Starfish».

На геофизической лаборатории-спутнике «Космос-5», подготовленной Отделом физики верхней атмосферы Института физики атмосферы Академии наук СССР (ИФА) под руководством В.И. Красовского и запущенной в мае 1962 г., удалось на протяжении года регистрировать загрязнение магнитосферы Земли продуктами взрыва, начиная с его момента [18-20]. Спустя 2 года эксперимент был продолжен на более высоких орбитах спутников «Электрон-1,-3» [19].

Картина развития явления вдоль орбиты ИСЗ «Космос-5», охватывающая момент взрыва, представлена на рисунке 6а (из [18]). Приведено изменение скорости счета потоков электронов с энергиями более 10 МэВ, γ- и тормозного излучения от электронов меньших энергий, регистрируемых счетчиком Гейгера за экраном плотностью более 4 г/см^2. По всплеску скорости счета γ-излучения на 3-4 порядка величины достоверно выделяется момент взрыва «Starfish» (около $12^h\ 00^m$ UT). Рис. 6б [20] характеризует детальные изменения роста скорости счета от γ-излучения в течение первых 5 минут после момента взрыва (в $9^h00^m09{,}8^s$ UT). Затем в течение 0,5 мин следует близкий к степенному ее спад со временем и последующий рост по мере приближения ИСЗ к радиационному поясу вблизи Южно-Атлантической аномалии.

Наблюдения за образованным от взрыва «Starfish» искусственным радиационным поясом в течение последующих месяцев и лет на нескольких советских ИСЗ («Космос-3,-5,-17», «Электрон-1,-2,-3,-4») и американских («Telstar», «Explorer-12,-14», «Injun-1», «Polar Satellite», «Traak», «Ariel», «Tiros-5», «OSO-1») дали противоречивую картину радиальной протяженности этого пояса. Материалы со спутников с низкой орбитой указывали на загрязнение магнитосферы только в пределах оболочек LJ1,5 (рис. 7а,б из [17б, 20]), а спутники с более высокими орбитами — в пределах оболочки LJ4 (рис. 7в, из [21, 22]). Обсуждение полученных результатов на всесоюзных и международных [19,20] конференциях в 1962-1964 гг. привели к выводу о загрязнении существенной части объема всей магнитосферы, а не только ее малой части. Наблюдения 1964-1965 гг. на спутниках «Электрон-1,-3» показали, что на оболочках LJ2 заряженные частицы образованного взрывом «Starfish» пояса могут оставаться захваченными в течение нескольких лет (см. рис. 8 из [19]).

Советские ядерные взрывы в геокосмосе 22, 28 октября и 1 ноября 1962 года [22, 23] на разомкнутых дрейфовых оболочках L=2,1; 2,3 и 1,82 [22] привели к незначительным выбросам электронов на замкнутые дрейфовые оболочки, где их интенсивность за несколько месяцев упала до естественного уровня [22]. Это было обусловлено, по-видимому, установленным ранее малым временем жизни захваченных частиц на L-оболочках, соответствующих «щели» между естественными радиационными поясами. Распределение интенсивности захваченной радиации от трех советских ядерных взрывов в космосе, полученное с американских спутников, приведено на рис. 9 [из 22].

Обсуждение научно-техническими специалистами СССР и США негативных последствий ядерных взрывов в космосе привело к заключению в 1963 г.

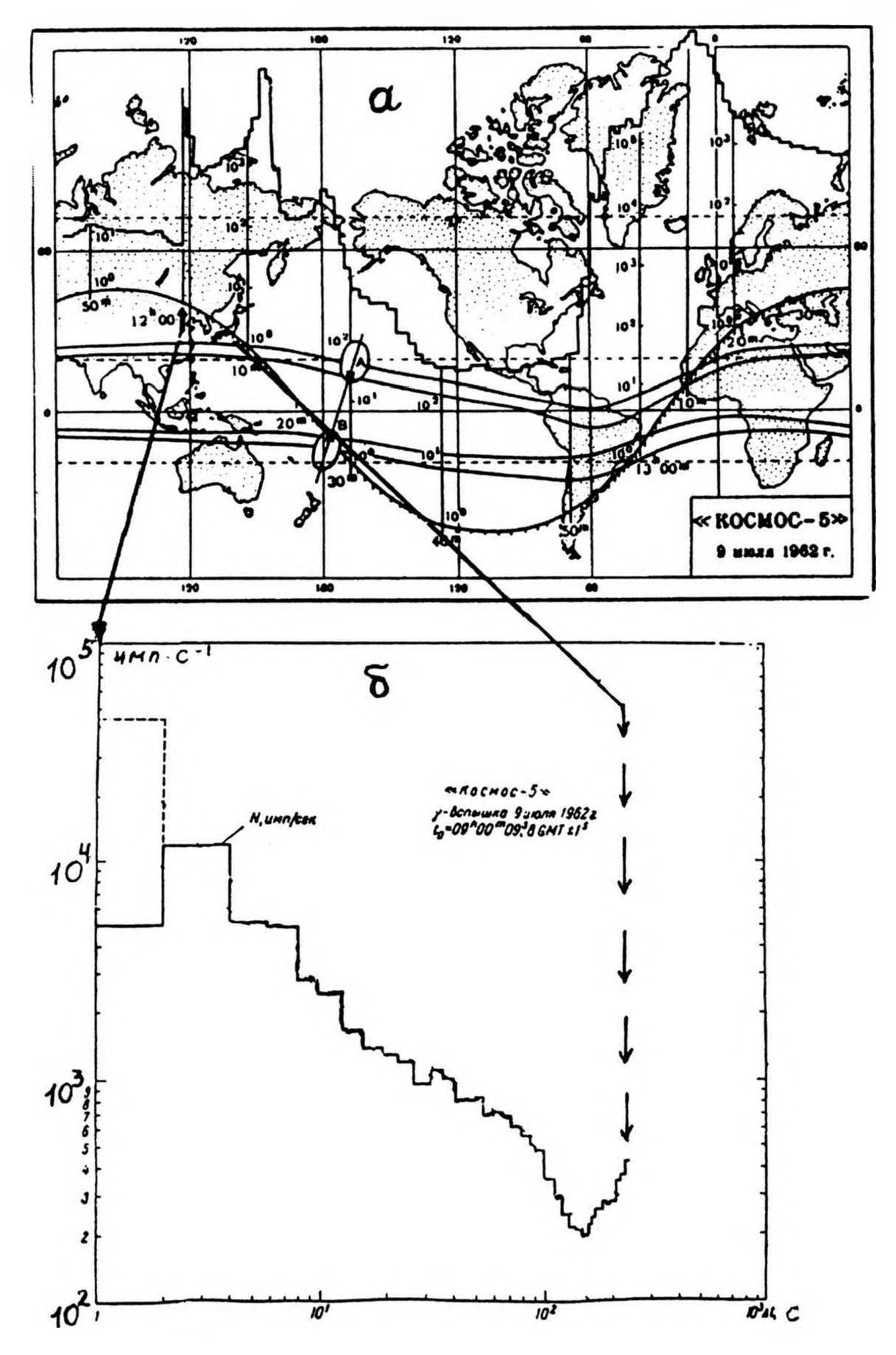


Рис. 6. Регистрация момента высотного термоядерного взрыва «STARFISH» 9 июля 1962 г. и его последствий в геокосмосе на орбите спутника-лаборатории «Космос-5». а) Изменения темпа регистрации счетчиком Гейгера (под экраном 4,5 г/см^2) на 3 порядка величины в момент γ-вспышки от взрыва (~12 час. 00 мин. Моск. врем.), при приходе к ИСЗ дрейфовой волны захваченных в пояс электронов от взрыва (~12 час. 10 мин. Моск. врем.) и далее на протяжении 1,5 час. б) Детальные изменения темпа регистрации гейгеровским счетчиком потока γ-квантов взрыва за первые 4 минуты после 12 час 00 мин 09,8 сек. Моск. врем.

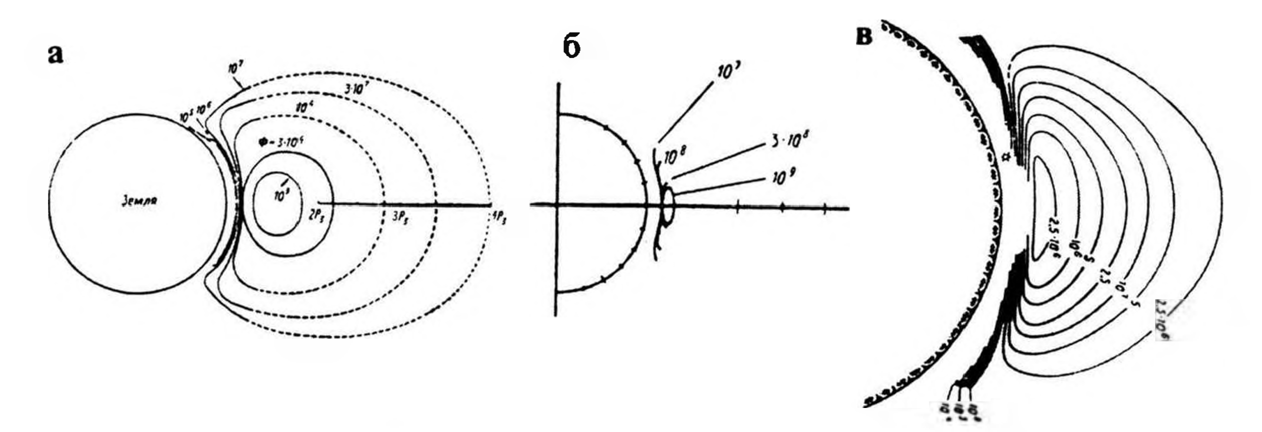


Рис. 7. Контуры искусственного пояса от взрыва «Морская Звезда» по данным трех групп экспериментаторов:
а — У. Гесса (У.Л. Браун, Дж.Д. Габбе); б — Дж. Ван Аллена (Л.А. Франк, Б.Дж. О'Брайен);
в — В.И. Красовского (Ю.И. Гальперин, А.Д. Болюнова)

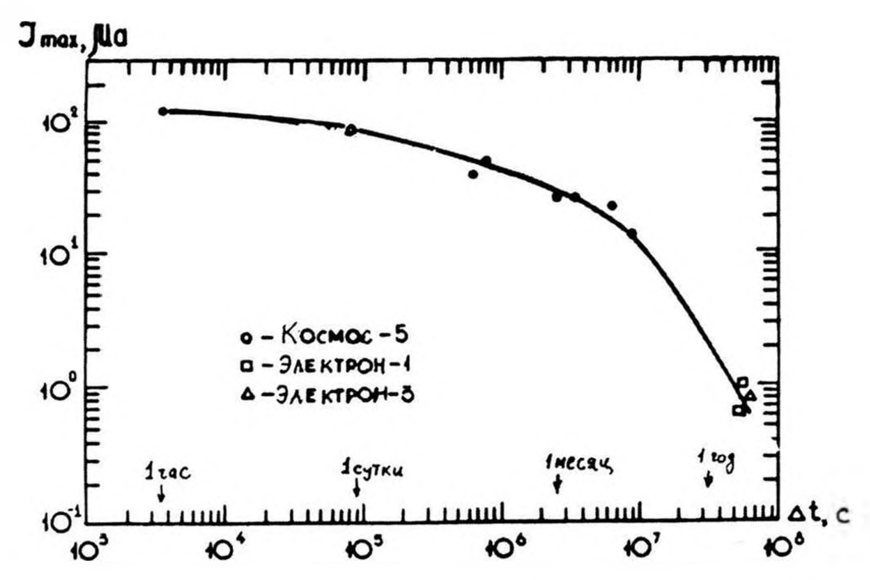


Рис. 8. Спад интенсивности искусственного радиационного пояса от взрыва «Морская Звезда» на экваторе оболочки L=1,2 (Болюнова и др. 1965)

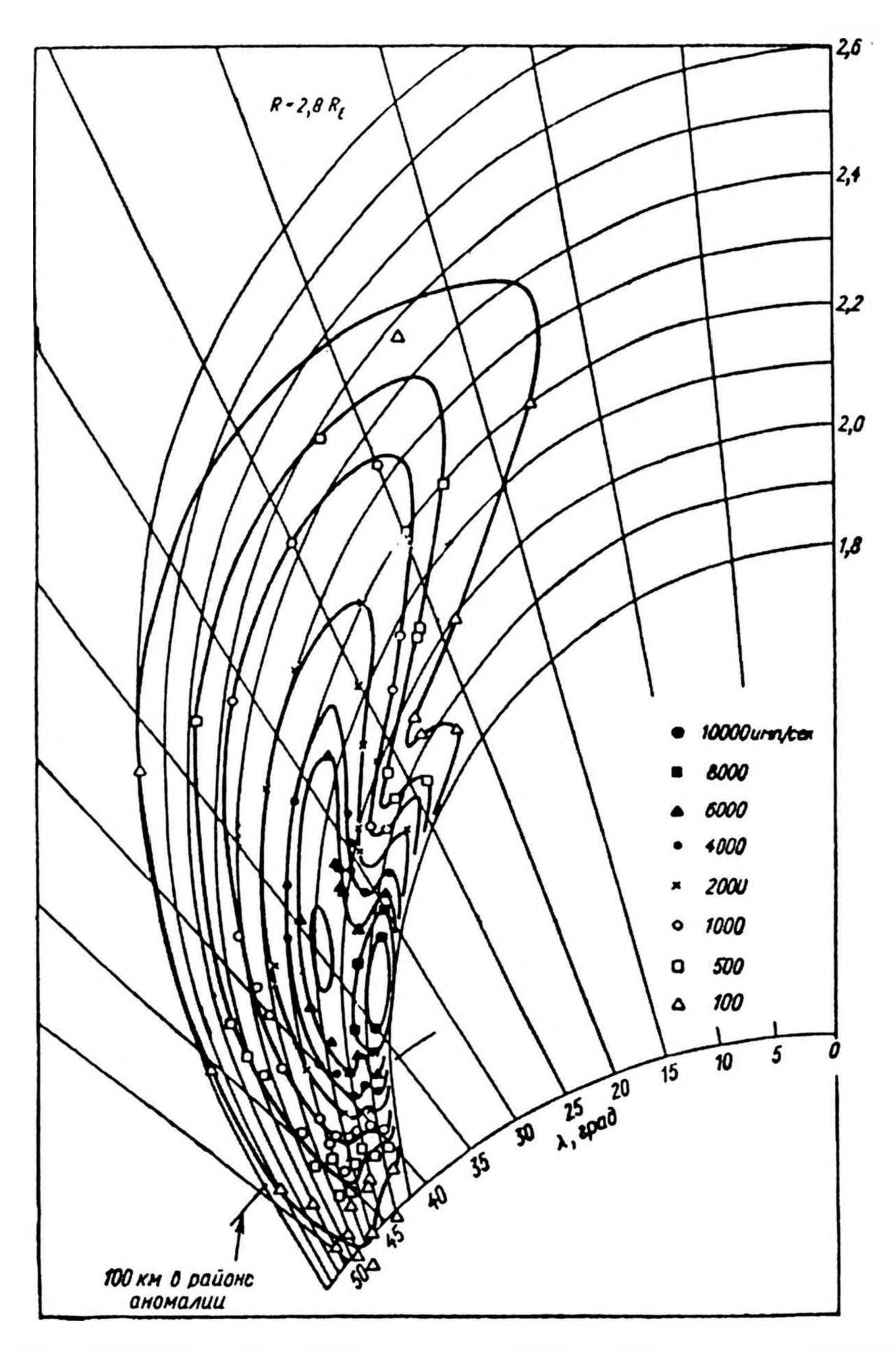


Рис. 9. Искусственные радиационные пояса от трех советских высотных ядерных взрывов 22/X, 28/X и 1/XI 1962 года (Хесс, 1965)

межправительственного договора о запрете ядерных взрывов в космосе и о недопустимости вывода на орбиту ядерного оружия. Немаловажную роль при подготовке этого договора сыграла и позиция президента Академии наук — руководителя национальной программы космических исследований М.В. Келдыша относительно необходимости всеобщего прекращения ядерных взрывов в космосе. Его письмо относительно последствий взрыва «Starfish», регистрировавшихся на ИСЗ «Космос-5», было направлено в директивные органы 23 июля 1962 года [24] — спустя лишь 2 недели после начала этой отечественной исследовательской работы.

Для контроля за соблюдением моратория на проведение высотных ядерных взрывов США вывели на орбиту в 1963-1966 гг. 3 пары ИСЗ «Vela». Они позволяли осуществлять обзор всего околоземного космического пространства и обнаруживать ядерные взрывы по вспышкам гамма— и нейтронного излучения [25]. В результате такого контроля и многочисленных наблюдений распределений интенсивности захваченных частиц внутри магнитосферы ни разу не было обнаружено появления искусственного радиационного пояса от высотного ядерного взрыва и вспышек γ– и нейтронного излучения от высотных ядерных взрывов. Поэтому есть основания считать, что договор 1963 г. соблюдается уже 33 года. Казалось бы, что физические проблемы ядерных взрывов в космосе за эти годы перестали быть актуальными. Однако, в последнее время широко обсуждается проблема защиты Земли с помощью ракет с мощными термоядерными боеголовками от падения на нее астероида. Поэтому научные результаты, полученные при наблюдениях за последствиями ядерных взрывов в космосе 1958 и 1962 гг., могут оказаться очень полезными при выполнении поставленной такой задачи.

Характеристики всех девяти ядерных взрывов, произведенных в геокосмосе в 1958 и 1962 гг., и результаты их наблюдений приведены в таблице. Энциклопедические сведения о них содержатся в работах [1, 27].

Авторы выражают свою признательность А.Н. Омельченко за значительную научно-техническую помощь при подготовке этой работы.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ), грант № 96-06-80284 и Российского Гуманитарного Научного Фонда, грант № 97-03-04218.

Таблица

ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В КОСМОСЕ в 1958 и 1962 гг.

Число, месяц, час., мин., сек.	**Обозначение, мощность**	**Место проведения**	**Высота (км)**	**Научные результаты**
1958 г. 1 августа 10.50:05 UT	"TEAK" 1Мт?	Остров Джонстон	76,8 [1]	Установлен дрейф электронов искусственного происхождения [12, 13].
12 августа 10.30:08 UT	" ORANGE" 1Мт?	—"—	42,97 [1]	—"—
27 августа 02.30 UT	"ARGUS-1" 1 кт	Южная Атлантика	200 [1]	Обнаружен искусственный радиационный пояс [5в].
30 августа 03.20 UT	"ARGUS-2" 1 кт	—"—	250 [1]	—"—
6 сентября 22.10 UT	"ARGUS-3" 1 кт	—"—	500 [1]	Доказаны устойчивые положения трех искусственных поясов на дрейфовых оболочках, связанных с силовыми линиями, опирающимися на места трех ядерных взрывов [5в]. Возникла идея создания (L,B)-системы координат [17а].
1962 г. 9 июля 09.00:09.8 UT	"STARFISH" 1,4 Мт	Остров Джонстон	400 [17]	Обнаружены γ-вспышка от плазменного облака продуктов взрыва с оболочек L>1,12 [18] и загрязнение магнитосферы продуктами взрыва до L≤1,3 [17б, 20] или L≤4 [23]. Заряженные частицы могли оставаться в центре внутреннего пояса (L=1,5) в течение нескольких лет [19].
22 октября 03.40:46 UT [1]	USSR-1 сотни кт ?	Семипалатинский полигон [23]	200 [23]	Обнаружено кратковременное загрязнение оболочек 1,8≤L≤2,6 электронами от трех советских взрывов и искусственные радиационные пояса на замкнутых дрейфовых оболочках L=2,4; 2,1 и 1,87 со временем жизни частиц не более нескольких месяцев [22].
29 октября 04.41:18 UT [1]	USSR-2 ~1 Мт? [22]	—"—	150 [23]	—"—
1 ноября 09.13 UT [1]	USSR-3 ~1 Мт? [22]	—"—	60 [23]	—"—

ЛИТЕРАТУРА

1. Handbook of Geophysics at «The Space Environment». Air Force Geophys. Lab. Air Force Systems Command. Chapter 5. The Radiation Belts. 5.9. Man's Impact on the Radiation Belts. 5.9.1. Nuclear Detonations. p. 5.51-5.52, ASAF, 1985.
2. Альфвен Х. Космическая плазма. Пер. с англ., М., Мир, 1983.
3. Cullington A.L., A Man-Made of Artificial Aurora. Nature, 182, p. 365, 1958.
4. Fowler P.H., Waddington C.J., An Artificial Aurora. Nature, 182 , p. 728, 1958.
5. Сборник «Операция «Аргус»». Пер. с англ., М., Атомиздат, 1960.
5а. Ньюмен Ф., Петерсон Ф.М. Наблюдения за эффектами высотных ядерных взрывов при помощи оптических и электромагнитных приборов, а также спутников Земли, стр. 91.
5б. Лью Аллен мл., Биверс Дж.Л., Уитэйкер У.А., Уэлч Дж.А., Уолтон Р.В. Проект «Джейсон», стр. 42.
5в. Ван Аллен Дж., МакИлвэйн К.Е., Людвиг Г.Х. Наблюдения при помощи спутника за электронами, искусственно введенными в геомагнитное поле, с. 19.
5г. Кристофилос Н.С. Эксперимент «Аргус»., с. 7.
5д. Уэлч Дж. мл., Уитэйкер У.А. Теория захвата геомагнитным полем электронов от искусственного источника, с. 68.
6. Ван Аллен Дж., Людвиг Г.Х., Рей Э.К., МакИлвэйн К.Е., Наблюдение радиации высокой интенсивности с помощью спутников 1958 а и 1958 g. Сб. «Солнечные корпускулярные потоки и их взаимодействие с магнитным полем Земли». Пер. с англ., М., ИЛ, с. 11, 1962.
7. Красовский В.И. Об измерении корпускулярного излучения Солнца. Доклад на V Ассамблее МГГ. 31/VII — 9/VIII 1958.
8. Красовский В.И., Кушнир Ю.М., Бордовский Г.А., Захаров Г.Ф., Светлицкий Г. М., Обнаружение корпускул при помощи третьего искусственного спутника Земли. Искусств. спутн. Земли. Вып 2, с. 59, 1958.
9. Вернов С.Н., Лебединский А.И. Доклад на V Ассамблее МГГ, Москва, 30 июля — 9 августа 1958 г.
10. Вернов С.Н., Григоров Н.Л., Иваненко И.П., Лебединский А.И., Мурзин В.С., Чудаков А.Е., Возможный механизм образования «земного корпускулярного излучения» под действием космических лучей. ДАН., Том 124, №5, с. 1022, 1959.
11. Singer S.F. A New Model of Magnetic Storms and Aurorae. Transaction American Geophysical Union., 38, p. 175, 1957.
12. Singer S.F. Radiation Belt and Trapped Cosmic Ray Albedo. Phys. Rev. Lett., 1 , No. 5, p. 101, 1958.
13. Singer S.F. Trapped Albedo Theory of Radiation Belt. Phys. Rev. Lett., 1 , No. 5, p. 181, 1958.
14. Williams D.J. Ring Current Composition and Sources. In «Dynamics of the Magnetosphere». Ed. S.-I. Akasofu. Hingman Ed. V.A. Reidel Publ. Co., North-Holland, p. 407, 1980.
15. Ван Аллен Дж. Динамика, состав и происхождение корпускулярного излучения, захваченного магнитным полем Земли. Сб. «Радиационные пояса Земли». Пер. с англ., М., ИЛ, с. 13, 1962.
16. Нортроп Т., Теллер Э. Стабильность адиабатического движения заряженных частиц в магнитном поле Земли. Сб. «Солнечные корпускулярные потоки и их взаимодействие с магнитным полем Земли». Пер. с англ., М., ИЛ, с. 99, 1962.
17. Сборник «Операция «Морская звезда»». Пер. с англ., М., Атомиздат., 1964.
I) Материалы симпозиума, проведенного в Годдаровском центре космических полетов (10-11 сентября 1962 г.), с. 5-193, 1964.
II) Материалы симпозиума по физическим эффектам высотного ядерного взрыва над о-вом Джонстон 9 июля 1962 г. (Кентерберийский университет, Крайстчерч, Новая Зеландия, август 1962 г.), с. 194-260.

17а. МакИлвэйн К.Е. Координаты для отображения распределения частиц, захваченных геомагнитным полем., с. 261.
17б. Ван Аллен Дж.А., Франк Л.А., О'Брайен Б.Дж. Наблюдения с помощью спутников за искусственным радиационным поясом, образовавшимся в результате ядерного взрыва в июле 1962 г., с. 25.
18. Гальперин Ю.И., Болюнова А.Д. Регистрация эффектов высотного термоядерного взрыва 9 июля 1962 года на спутнике «Космос-5». Космич. исслед. 2 , вып. 5, с. 763, 1964.
19. Болюнова А.Д., Вайсберг О.Л., Гальперин Ю.И., Мулярчик Т.М., Потапов Б.П., Темный В.В., Шуйская Ф.К. Предварительные результаты исследований геоактивных корпускул на спутнике «Электрон-1». Исслед. косм. пространства. М., «Наука», с. 413, 1965.
20. Гальперин Ю.И. Физическая картина возникновения искусственного пояса радиации при американском высотном термоядерном взрыве 9 июля 1962 года. Исследования космического пространства. М., Наука., с. 388-393, 1965.
21. Jensen D.C., Murray R.W., Welch J.A., Tables of Adiabatic Invariants for Geomagnetic Field 1955.0. AFSC-TN-60-8, April 1960; AFSC-TN-60-19, August 1960. Air Force Special Weapons Center, New Mexico.
22. Хесс В. Радиационный пояс и магнитосфера Земли. Пер. с англ. М., Атомиздат., 1972.
23. Давыдов С.Л. Задача, ставшая делом жизни. Россия делает сама. История атомного проекта. Вып. 2, с. 298. М., Курчатовский институт, 1995.
24. Келдыш М.В. О явлениях, связанных с высотным ядерным взрывом. Избранные труды. Т. III. Ракетная техника и космонавтика. М., Наука, с. 459, 1988.
25. Горчаков Е.В. Радиационные пояа Земли. Ядерная энциклопедия. Благотворительный фонд Ярошинской., с. 29-33. М., 1996.
26. Темный В.В. Система спутников NDS для обнаружения ядерных взрывов в космосе. М., Изд. ОИЗТ ВИНИТИ., с. 20, 1966.
27. Walt M. History of Artificial Radiation Belts in «The Trapped Radiation Handbook», edited by J.B. Cladis, G.T. Davidson and L.L. Newkirk, Lokheed Palo Alto Res. Laboratory, DNA 2524 M. January, 1977.

СЕКЦИЯ 6

ЭКОЛОГИЯ, БИОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Ведущий — В.М. Новиков **Ученый секретарь — В.К. Попов**

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ

Марчук Г.И., Дубовский Б.Г., Камаев А.В., Колесов В.Е.

ВВЕДЕНИЕ

Ядерная безопасность — реализация научно-технических исследований, приборного контроля и организационных мер, исключающих аварийное нарастание интенсивности саморазвивающейся цепной реакции деления вплоть до взрыва, с выделением большого количества радионуклидов. В расширенном толковании под ядерной безопасностью понимается комплекс мер, исключающих опасное облучение людей и радиационное воздействие на окружающую среду, на животный и растительный мир.

В связи с авариями на отдельных предприятиях Министерства среднего машиностроения, вызванными саморазвивающейся цепной реакцией деления ядер, а также в связи с пылевым взрывом в Кыштыме, летом 1957 года министр Е.П. Славский образовал комиссию по ядерной безопасности под председательством академика И.В. Курчатова. В комиссию вошли А.П. Александров, А.А. Бочвар, В.А. Давиденко, Б.Г. Дубовский, В.Г. Заграфов, Т.Н. Зубарев, И.К. Кикоин, Г.И. Марчук, Ю.Б. Харитон и другие. Комиссии ставилась задача организовать научные исследования, которые позволили бы выработать рекомендации, исключающие возникновение аварий при получении, хранении, транспортировке и переработке делящихся материалов.

По предложению академика И.К. Кикоина комиссия рекомендовала сосредоточить основные работы по ядерной безопасности в Физико-энергетическом институте (г. Обнинск). Проведение расчетно-теоретических исследований было поручено заведующему математическим отделом ФЭИ Г.И. Марчуку, а руководство экспериментальными и технологическими работами возложено на Б.Г. Дубовского, ставшего во главе вновь организованной лаборатории ядерной безопасности.

1. РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Математический отдел ФЭИ практически был готов к выполнению такого ответственного задания. В отделе были развиты эффективные численные методы многогруппового расчета ядерных реакторов, которые в дальнейшем стали основополагающими для математического моделирования процессов переноса нейтронов и проведения серийных расчетов ядерно-энергетических установок. На основе теории сопряженных функций и метода возмущений созданы малогрупповые модели описания ядерных реакторов в рамках метода сферических гармоник, а также алгоритмы корректного учета процессов термолизации нейтронов в реакторе. Эти результаты нашли отражение в монографии Г.И. Марчука «Численные методы расчета ядерных реакторов» [1], которая по предложению академика И.В. Курчатова вошла в комплект материалов, розданных на Второй Женевской конференции по использованию атомной энергии всем иностранным делегациям.

Однако было очевидно, что расчетно-теоретические исследования вопросов ядерной безопасности необходимо проводить на мощных ЭВМ, которых в то время в ФЭИ не было. Имеющаяся в математическом отделе ЭВМ «Урал-1», в силу своей малой мощности (оперативная память — 1024 ячейки на магнитном барабане, скорость — 100 операций в секунду по одноадресной системе команд), для этих целей не годилась. Поэтому встал вопрос: где найти ЭВМ для проведения многочисленных и трудоемких расчетов? Проблема была решена академиком И.В. Курчатовым, по просьбе которого нам стали предоставлять для расчетов неограниченное время на ЭВМ «Стрела» в Вычислительном центре АН СССР (директор ВЦ академик А.А. Дородницын).

Машина «Стрела» имела развитую, логически законченную структуру и позволяла решать сложные и громоздкие задачи. Расчетная скорость ЭВМ — 2000 трехадресных операций в секунду. Оперативное запоминающее устройство на электронно-лучевых трубках емкостью 2048 чисел (команд). Внешний накопитель на двух магнитных лентах по 100 тысяч чисел каждая. Машина оперировала двоичными числами с плавающей запятой, которым соответствовали (10-11)-разрядные десятичные числа в пределах от 10^{-19} до 10^{+19}.

Для исследования критических параметров систем делящихся материалов в математическом отделе ФЭИ были разработаны алгоритмы и написана специальная расчетная программа на ЭВМ «Стрела» [2]. Это была одна из первых (если не самая первая) в стране программа расчета ядерных реакторов, с помощью которой были выполнены многочисленные расчеты критических масс

уран-графитовых и уран-бериллиевых систем и различных систем с водными замедлителями. Программа стала прототипом многих последующих программ расчета реакторов.

Программа расчета реактора на ЭВМ «Стрела» представляла собой очень сложную и объемную структуру. При работе она полностью использовала оперативную память ЭВМ и постоянно обращалась к магнитным лентам. Требовалась стабильная работа всех устройств ЭВМ в течение длительного времени. Однако технические условия гарантировали работу машины без сбоя не более 5-ти минут. Поэтому проведение расчетов по программе было весьма непростым делом.

Расчеты в ВЦ АН СССР проводились авторами программы и операторами — сотрудницами математического отдела ФЭИ. Машинное время нам предоставлялось, как правило, ночью и первоначально в неограниченном количестве (обычно целую ночь).

Поездки в Москву для проведения расчетов на машине «Стрела» продолжались более года, пока нам не стали отказывать в предоставлении времени на ЭВМ. Это произошло, когда начались массовые запуски искусственных спутников, и приоритет перешел на их сторону. Но к тому времени ситуация уже изменилась. У нас была написана новая программа на ЭВМ М-20, а в Институте атомной энергии была установлена такая машина, так что расчеты по ядерной безопасности мы стали проводить там. Вскоре ЭВМ М-20 была получена также и в ФЭИ.

Результаты выполненных в ФЭИ расчетно-теоретических исследований по ядерной безопасности были опубликованы в сборнике «Исследования критических параметров реактивных систем» [3-5], а также в специальном отчете [6]. В дальнейшем были изданы монография [7] и справочник [8], в которых собрана более полная информация по данной проблеме.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Организованная в 1958 году лаборатория ядерной безопасности (ЛЯБ) проводила работу по следующим направлениям:

- экспериментальные исследования критических параметров систем с урановыми растворами;
- изучение условий критичности для совокупности подкритических реакторных сборок;
- исследование влияния на критичность геометрии активной зоны при наличии различных отражателей и поглотителей нейтронов;
- отдельные эксперименты с растворами плутония непосредственно на промышленных радиохимических установках;
- анализ аварийных ситуаций на радиохимических предприятиях, разработка нормативно-технической документации и контроль состояния ядерной безопасности производств отрасли.

Первые критические эксперименты с растворами уранилнитрата 90%-го обогащения были выполнены со сборками сферической и цилиндрической

геометрии [8]. Одной из целей этих экспериментов была проверка зарубежных данных по критическим параметрам.

Проводилось экспериментальное изучение взаимодействия двух (и более) гомогенных цилиндрических сборок без отражателя в воздушной среде и гетерогенных цилиндрических сборок в водной среде [8, 9]. Понимание механизма взаимодействия подкритических систем было важным для проектирования и эксплуатации радиохимических установок при организации хранения и при транспортировке делящихся веществ.

Основной вклад в исследования по обеспечению ядерной безопасности внесли авторы Справочника [8], который явился первой монографией по этой тематике. Основополагающими при проведении в ЛЯБ расчетно-теоретичсских разработок были труды академика Г.И. Марчука и его учеников [1, 2].

Важным направлением работы лаборатории явились подготовка и руководство физическим пуском реакторов Белоярской АЭС, а позднее Билибинской АЭС и БН-350 (г. Шевченко). Эта работа заключалась в составлении программ проведения физических пусков, разработке методик проведения экспериментов, монтаже и наладке на месте аппаратуры, необходимой для проведения пусков. Был предложен и обоснован метод изучения критических параметров на подкритической вставке исследуемого реактора внутри опорной критической сборки, наиболее близкой по составу.

Метод получил широкое распространение в экспериментах по ядерной безопасности в установках сложной геометрии.

Научным руководителем физического пуска реактора 1 блока Белоярской АЭС (1963 год) был Б.Г. Дубовский, его заместителем — И.М. Кисиль. Подготовка и наладка пусковой аппаратуры проводилась группой радистов под руководством В.В. Бондаренко. В работах непосредственное участие принимали сотрудники лаборатории: В.Д. Блинников, А.А. Ваймугин, Л.А. Герасева, Ю.Ю. Глазков, В.И. Козлов, М.М. Кузичкин, М.М. Кузичкина, В.Ф. Любченко, К.Н. Мохнаткин, Ю.И. Старых, В.В. Фролов.

Дпя физического пуска реактора Белоярской АЭС был специально разработан и внедрен в практику надежно работающий аналоговый реактиметр. Совместно с НИИТока были также разработаны датчики прямой зарядки (ДПЗ). Установка ДПЗ на реакторе Белоярской АЭС позволила надежно контролировать распределение энерговыделения по активной зоне работающего реактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа полученных в процессе исследований экспериментальных, технологических и расчетных данных вырабатывались рекомендации по конкретным запросам предприятий Министерства и других ведомств. В дальнейшем эти данные служили основой при разработке нормативной документации обеспечения ядерной безопасности для различных производств и исследовательских организаций, связанных с делящимися веществами.

На Научно-техническом совете министерства, проходившем под председательством академика И.В. Курчатова в понедельник 1 февраля 1960 года,

обсуждался вопрос о выполнении задания по созданию в отрасли системы ядерной безопасности. В конце заседания Игорь Васильевич выразил благодарность всем коллективам, принимавшим участие в решении этой важной проблемы, в том числе коллективам Г.И. Марчука и Б.Г. Дубовского. Это было последнее заседание НТС, которое вел академик И.В. Курчатов. В воскресенье 7 февраля 1960 года сердце Игоря Васильевича Курчатова остановилось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марчук Г.И. Численные методы расчета ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1958.
2. Марчук Г.И., Кочергин В.П., Колесов В.Е. Программа расчета критических параметров ядерного реактора на машине «»Стрела''. Отчет о НИР / ФЭИ. Инв.№ 2583. Обнинск, 1959. 144 с.
3. Марчук Г.И., Илясова Г.А., Колесов В.Е., Кочергин В.П., Кузнецова Л.И., Погудалина Е.И. Критические массы уран-графитовых реакторов // Исследования критических параметров реакторных систем. Сб. статей. М.: Госатомиздат, 1960. С. 39-51 .
4. Марчук Г.И. , Илясова Г.А., Колесов В.Е., Кочергин В.П., Кузнецова Л.И., Погудалина Е.И. Критические массы уран-бериллиевых реакторов // Там же. С. 52-56.
5. Марчук Г.И., Илясова Г.А., Колесов В.Е., Кочергин В.П., Кузнецова Л.И., Погудалина Е.И. Критические массы водных смесей соединений урана и плутония // Там же. С. 57-73 .
6. Зубарев Т.Н., Марчук Г.И., Соколов А.К. Критические параметры гомогенных реакторов и ядерная безопасность. Отчет АН СССР / Изд-во АН СССР. Изд.№ 63 , заказ № 327. М., 1959. 148 с.
7. Марчук Г.И., Кочергин В.П., Невинница А.И., Узнадзе О.П. Критические параметры гомогенных размножающих систем. М., Атомиздат, 1965.
8. Критические параметры систем с делящимися веществами и ядерная безопасность. (Справочник) / Б.Г. Дубовский, А.В. Камаев, Ф.М. Кузнецов, Г.М. Владыков, В.Н. Гурин, А.П. Мурашов, И.П. Маркелов, В.П. Кочергин, А.А. Babмугин, В.Я. Свириденко, Л.В. Диев, В.К. Богатырев, В.В. Вавилов, В.В. Фролов. М.: Атомиздат, 1966.
9. Камаев А.В, Дубовский Б.Г, Вавилов В.В., Попов Г.А., Паламарчук Ю.Д., Иванов С.П. Экспериментальное изучение эффектов взаимодействия двух подкритических реакторов // Исследования критических параметров реакторных систем. Сб. статей. М.: Госатомиздат, 1960. С. 101-106.

У ИСТОКОВ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Маргулис У.Я.

В докладе в хронологическом порядке приводятся основные результаты научно-исследовательских, экспериментальных и прикладных работ, выполненных в лаборатории аэрозолей НИФХИ имени Л.Я. Карпова (руководитель — академик И.В. Петрянов) в 1946-56 гг.

Эти работы явились основой для обеспечения аэрозольной безопасности на предприятиях атомной промышленности. Принципы зональной планировки, стерегущей защиты, изделия на основе фильтрующего материала ФП (фильтры тонкой очистки высокодисперсных аэрозолей, респираторы «Лепесток», аналитические фильтры АФА и др.) до сих пор широко используются для защиты человека и окружающей среды от радиоактивных аэрозолей.

В настоящем обзоре сделана попытка рассказать о первых работах в области радиационной безопасности. О том, как решались практические задачи обеспечения безопасных условий труда на первых атомных объектах. Здесь отражены лишь те работы, свидетелем которых являлся автор или принимал непосредственное участие в их выполнении.

Становление атомной промышленности потребовало решения ряда новых проблем физики, техники и биологии, которые позволили бы, с одной стороны, обеспечить безопасные условия труда в сфере воздействия ионизирующих излучений, а с другой стороны, установить закономерность биологического действия ионизирующих излучений и разработать методы и средства лечения лучевых поражений.

Поэтому, ещё до пуска первого атомного реактора и начала строительства атомных заводов, начинаются разработки вопросов радиационной безопасности. В этих целях летом 1946 г. на базе биофизического отдела ВИЭМа (Всесоюзного института экспериментальной медицины) по инициативе И.В. Курчатова была создана радиационная лаборатория, которая в 1948 г. была преобразована в Институт биофизики.

Именно в стенах нашего Института, во второй половине сороковых годов, закладывались основы радиационной безопасности, которая стала сейчас самостоятельной научно-практической дисциплиной, имеющей свою методологию, и, несмотря на сравнительно молодой возраст, свои традиции.

У колыбели радиационной безопасности находились известные ученые Г.М. Франк, А.А. Летавет и крупный организатор здравоохранения А.И. Бурназян.

Следует отметить: несмотря на то, что при решении атомной проблемы отсчет времени шел не на месяцы и недели, а подчас на дни и часы, И.В. Курчатов никогда не упускал из вида человека. Поэтому вопросы безопасности неизменно находились в его поле зрения, и он не давал поблажки тем, кто пытался ими пренебречь, ссылаясь на те или иные обстоятельства и острый дефицит времени.

В настоящее время радиационная безопасность как научно-практическая дисциплина, сформировавшаяся в период создания атомной промышленности, решает задачи безопасного применения атомной энергии в различных сферах человеческой деятельности на основе комплекса научно обоснованных мероприятий по обеспечению защиты человека, популяции в целом и объектов окружающей среды от вредного воздействия ионизирующих излучений.

1. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

На первых этапах создания атомной промышленности в проблеме обеспечения РБ наиболее важным звеном являлось создание в кратчайшие сроки методов и приборов для оценки степени лучевого воздействия, поскольку пуск атомных объектов был немыслим без наличия надежной системы радиационного контроля.

Эта задача в значительной степени была новой. В науке и технике не имелось готовых решений, а опыт работы прежних лет по радиевой и рентгеновской дозиметрии был совершенно недостаточен. Следует отметить, что в то время были известны только принципы работы ионизационных камер и газоразрядных счетчиков. Единственным дозиметром, который был предназначен для измерения прямого пучка рентгеновского излучений, был дозиметр ГРИ.

Наряду со старыми задачами дозиметрии рентгеновских и гамма-лучей, стали актуальными такие задачи, как дозиметрия бета-излучения, потоков нейтронов различных энергий, определение уровня радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, спецодежды и кожных покровов, измерение концентрации радиоактивных веществ в воздухе, воде, определение их содержания в организме и т.д.

Небольшой коллектив вновь созданной Радиационной лаборатории за невиданно короткий срок (2-2,5 г.) справился с указанной выше первоочередной и чрезвычайно важной задачей. К пуску первых атомных объектов был создан комплекс приборов, обеспечивающих самые необходимые задачи практической дозиметрии.

Первоочередное внимание было уделено созданию методов индивидуального контроля, поскольку уже на первых этапах развития атомных технологий стало очевидным, что одной из основных характеристик условий труда в лабораторных и производственных помещениях является величина суммарной дозы излучения, полученной каждым работником за определенный промежуток времени (рабочий день, неделя, месяц и т. д.). Данные индивидуального дозиметрического контроля необходимы также для установления связи между состоянием здоровья работника и степенью лучевого воздействия. Поэтому серьезное внимание было сосредоточено на разработке достаточно простых

и портативных дозиметров, которые можно было бы крепить на рабочей одежде. Эти работы велись в двух направлениях: Исаевым Б.М. совместно со Штуккенбергом Ю.М. создавалась система индивидуального контроля при помощи наперстковых конденсационных ионизационных камер (метод ИДК), а нами под руководством Бибергаля А.В. разрабатывался фотографический метод индивидуальной дозиметрии гамма-излучения (метод ИФК).

В основу метода ИФК была положена существующая в определенном интервале линейная зависимость между почернением рентгеновской пленки и количеством падающего излучения. В процессе создания метода были проведены широкие исследования чувствительности фотоэмульсий от энергии и интенсивности падающего излучения, были разработаны конструкции кассеты индивидуального пленочного дозиметра, а также метод градуировки фотодозиметра, аппаратура для одновременного проявления большого числа дозиметров и определения плотности почернения фотопленки и т. д. Прибор для определения плотности почернения пленки был сконструирован В.В. Бусыгиным. На всех этапах разработки метода ИФК большую техническую помощь оказывал В.П. Крылов.

Существенное значение для повышения точности ИФК имел предложенный нами совместно с Бибергалем А.В. метод сглаживания хода с жесткостью, которой обладает фотопленка в области энергии фотонов 100-150 кэВ, путём использования компенсирующих фильтров из свинца (или кадмия) и алюминия. Следует отметить, что этот принцип сглаживания чувствительности фотопленки от энергии фотонов, предложенный и осуществленный практически одновременно и независимо от американских ученых (Deal, Robertson), сейчас широко используется в дозиметрии.

В 1948 г. экспериментальными мастерскими ВИЭМа был начат выпуск комплектов ИФК; производство кассет было налажено на Карачаровском заводе пластмасс. Большая заслуга по созданию фотопленки высокой чувствительности для метода ИФК принадлежала коллективу лаборатории ВНИИКФИ, руководимому К.С. Богомоловым.

Метод ИФК до начала восьмидесятых годов оставался одним из основных и наиболее широко применяемых методов индивидуальной дозиметрии.

В 1963 г. фотографический метод индивидуального дозиметрического контроля был модернизирован и расширены его возможности — метод ИФКУ (А.Д. Туркин, И.С. Егорова, Ф.К. Левочкин, И.В. Левин, Ю.Я. Соколов).

Для проведения дозиметрических исследований при первом испытании атомной бомбы метод ИФК был модифицирован нами (совместно с Бибергалем А.В. и Кеирим-Маркусом И.Б., Шубиной С.М.), что позволило осуществить регистрацию экспозиционной дозы гамма-излучений от единиц до тысяч рентген. Работы на полигоне по измерению дозного поля гамма-излучения были выполнены В.П. Крыловым.

Как указывалось выше, одновременно с разработкой метода ИФК в том же 1946 г. была начата разработка метода индивидуального дозиметрического контроля при помощи конденсаторных наперстков ионизационных камер (метод ИДК).

При создании метода ИДК (Исаев Б.М., Штуккенберг Ю.М.) был решен ряд принципиальных вопросов, связанных с выбором материала стенок камер,

не имеющего хода с жесткостью, с разработкой конструкции камеры, позволяющей измерять дозы в заданном диапазоне, и метода измерения электрического заряда камеры. Диапазон измерения камер — 0,02-1,0 Р.

Первая промышленная партия комплекта ИДК была выпущена в 1948 г. экспериментальными мастерскими ВИЭМа.

Следующим этапом в совершенствовании метода ИДК и расширении диапазона измеряемых доз явилось создание комплекта КИД-4 в 1955-56 гг. (Штуккенберг Ю.М., Калугин К.С., Воробьева Л.В.). Были разработаны новый принцип работы и конструкция ионизационных камер и зарядно-измерительного устройства. В результате удалось избавиться от двух основных недостатков прежних приборов ИДК: заметная утечка электрического заряда, а, следовательно, невозможность использовать камеры длительное время (несколько суток, неделя), а также малый диапазон измеряемых доз. Диапазон измерений доз в методе ИДК-4 — 0,025–50 Р.

В ряде случаев, в частности, в условиях радиационной аварии, важно в процессе работы иметь данные о величине полученной дозы. Для этой цели были разработаны и внедрены в промышленность несколько типов карманных показывающих дозиметров типа ДК-0,2, ДК-0,5, ДК-50, рассчитанных на измерение дозы в диапазонах до 0,2, 0,5 и 50 Р соответственно (Штуккенберг Ю.М., Бусыгин В.Е., Амирагова М.И.).

Существенным этапом в развитии индивидуальной дозиметрии явился начатый с 1950 г. под руководством Кеирим-Маркуса И.Б. цикл работ по изучению дозиметрических характеристик датчиков, в которых используется явление люминесценции. Так использование вспышечных фосфоров (Кеирим-Маркус - И.Б., Порошина М.С.), а в дальнейшем термолюминесцентных стекол (Кеирим-Маркус И.Б., Бочвар И.А., Гимадова Т.И.) для индивидуальной дозиметрии позволило значительно расширить диапазон измеряемых доз (от десятых долей до десятков тысяч рентген), повысить точность, обеспечить практически неограниченное хранение информации о накопленной дозе, а также решить проблему индивидуальной дозиметрии тепловых нейтронов (метод ИФКН).

Важной вехой явилось создание комплекса аварийных индивидуальных дозиметров, усовершенствование средств и методов твердотельной дозиметрии (Кеирим-Маркус И.Б., Крайтор С.Н.). Наряду с развитием методов индивидуальной дозиметрии в Институте была создана серия гамма-рентгенометров, необходимых для оперативного контроля радиационной обстановки.

В 1947-49 гг. был разработан первый в Советском Союзе образец переносного дозиметра, позволяющий измерять мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в диапазоне 1-5000 мкР/сек. Питание прибора батарейное. На основе лабораторного образца прибора была создана промышленная модель дозиметра и налажен его массовый выпуск (дозиметр типа «МАК»).

В то же время был разработан прибор стационарного типа «ДИГД», позволяющий измерять не только мощность, но и суммарную дозу гамма-излучения, накопленную за определенное время. Прибор имел сигнальное устройство, срабатывающее при достижении заданной дозы. Датчиком прибора являлась ионизационная камера.

Следует отметить, что в первые годы создания атомной промышленности «ДИГД» и «МАК» являлись основными широко используемыми приборами контроля уровня гамма-излучения в рабочих помещениях (Бибергаль А.В., Исаев Б.М., Калугин К.С., Хрущев В.Г.).

С течением времени совершенствовался технологический процесс на атомных заводах и значительно была улучшена радиационная обстановка и условия труда. Кроме того, были снижены и предельно допустимые дозы внешнего облучения. В силу этого были повышены требования к чувствительности дозиметрической аппаратуры. Одним из первых переносных приборов, предназначаемых для измерения малых мощностей доз, был дозиметр контроля защиты ДКЗ, разработанный в 1950-52 гг. (Исаев Б.М., Калугин К.С.). Датчик прибора — ионизационная камера объемом 1000 $см^3$. Диапазон измерения 1-50 мкР/сек. Массовый выпуск прибора был налажен в экспериментальных мастерских Института биофизики.

На смену ДКЗ в 1959 г. пришел разработанный в Институте более портативный и стабильный в работе карманный радиометр РК-01 для регистрации мощности дозы гамма-излучения в диапазоне 0,1-1000 мкР/сек (Маркелов В.В.). Датчиком прибора являются малогабаритные галогенные счетчики, радиотехническая схема была выполнена на полупроводниках.

Массовый выпуск РК-01 был налажен в экспериментальных мастерских Института. Прибор РК-01 до последнего времени широко применялся дозиметрическими службами предприятий для оперативного контроля радиационной обстановки.

Заслуживают внимания разработанные в пятидесятые годы два типа портативных индивидуально-групповых дозиметров, которые сигнализируют о накопленной дозе (Кеирим-Маркус И.Б., Успенский Л.Н.). Опытная партия приборов выпущена экспериментальными мастерскими Института биофизики.

Такого типа приборы нашли применение при выполнении ремонтных и аварийно-спасательных работ в высоких полях излучения, когда важно регламентировать дозу облучения персонала за короткий промежуток времени.

Начавшееся в 1949-50 гг. широкое использование радиоактивного кобальта для гамма-терапии злокачественных образований и широкое развитие радиобиологических экспериментов потребовало разработки дозиметра для медицинских и радиобиологических целей. Дозиметр РИП, разработанный в 1950 г., был первым дозиметром универсального назначения, позволяющим регистрировать как мощность дозы, так и суммарную дозу, создаваемую за определенный промежуток времени (Исаев Б.М., Кронгауз А.П., Титов С.А.). Дозиметр был снабжен комплектом ионизационных камер объемом от 1 до 1000 $см^3$, что позволяло измерять мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в диапазоне 5 мкР/сек — 15000 Р/мин. Несколько сот экземпляров РИП было изготовлено экспериментальными мастерскими Института биофизики и разосланы в медицинские учреждения страны.

В приборах для измерения загрязненности поверхностей радиоактивными веществами в качестве датчиков были применены газоразрядные счетчики. Однако к началу работ в этом направлении (1947 г.) еще не был налажен в

стране выпуск газоразрядных счетчиков и отсутствовал опыт их использования для целей дозиметрии. Поэтому для решения этой задачи были проведены широкие исследования характеристики счетчиков с различным газовым наполнением при различных загрузках в параметрах схемы гашения разряда (Бибергаль А.В., Исаев Б.М., Хрущев В.Г.). В результате этих исследований был создан оригинальный многонитный плоский пропорциональный счетчик с рабочей поверхностью 150 $см^2$ для контроля уровня загрязненности поверхностей альфа-активными веществами (А.В. Бибергаль).

На базе многонитного плоского пропорционального счетчика был создан в 1948 г. прибор «СИМОД», который имел датчики для измерения загрязнения поверхностей альфа- и бета-активными веществами, а также датчик с устройством для сигнализации о превышении мощности дозы гамма-излучения в диапазоне 0,1-20 мкР/сек (Бибергаль А.В., Исаев Б.М., Калугин К.С.).

Для контроля загрязненности тела и одежды радиоактивными веществами была сконструирована установка «АРКА».

Выпуск первой промышленной партии приборов «СИМОД», «АРКА» и счетчиков для датчиков был осуществлен экспериментальными мастерскими ВИПа.

Одной из сложных проблем дозиметрии является контроль содержания в воздухе радиоактивных веществ, поскольку их предельно допустимые концентрации очень малы. В результате необходимо прибегать к различным методам концентрирования радиоактивных веществ из больших объемов.

Создание академиком И.В. Петряновым специальных фильтрующих материалов, обладающих высоким коэффициентом задержки радиоактивных аэрозолей, позволило решить вопрос измерения концентрации радиоактивных аэрозолей в воздухе путем прокачивания больших объемов воздуха через фильтры из ткани Петрянова с последующим определением активности радиоактивных веществ, осажденных на фильтре.

Значительно сложнее обстояло дело с определением концентрации радиоактивных газов (в частности, инертных), которые фильтрами не задерживаются. На первых порах для этих целей пытались использовать большие (объемом до 70 л) ионизационные камеры. Однако не удавалось достичь необходимой точности и чувствительности. В этой связи большой интерес представляли исследования В.В. Бочкарева и Фролова Ю.С. (1948 г.), которые теоретически обосновали и разработали метод измерения концентрации радиоактивных газов при помощи газоразрядного счетчика, помещенного в замкнутый объем. Этот метод был впоследствии усовершенствован А.Д. Туркиным (1957 г.), в результате был создан прибор с малыми габаритами и весом, простой и надежный в работе, который нашел широкое практическое применение. Этот прибор состоит из легкой складной герметичной камеры для забора воздуха, внутри которой помещен торцовый счетчик. Нижний предел измерения концентрации бета-активных газов (по аргону, криптону и ксенону) порядка $5 \cdot 10^{-10}$ Ки/л.

Позднее (1961 г.) под руководством А.Д. Туркина был разработан новый метод измерения и анализа состава радиоактивных газов при помощи сферических ионизационных камер и создан прибор РАГ.

На первых этапах разработки дозиметрической аппаратуры в качестве датчиков использовались ионизационные камеры или газоразрядные счетчики, которые характеризуются простотой устройства и надежностью в работе. Вместе с тем, в связи с расширением задач дозиметрии (измерение загрязненности одежды, тела, поверхностей, непрерывный контроль радиоактивности воды и воздуха и т. д.), а также необходимостью повышения чувствительности приборов, попытки использовать ионизационные камеры и счетчики в виде датчиков приводят к значительным усложнениям, а иногда наталкиваются на непреодолимые трудности, в то время как использование датчиков, основанных на других принципах регистрации излучения, приводит к простым и эффективным решениям. Поэтому, начиная с 1952 г., в Институте серьезное внимание было обращено на изучение дозиметрических характеристик сцинтилляционных датчиков, что позволило решить почти все задачи дозиметрии и, более того, совместить большое число функций в одном приборе. Примером этому может служить разработанный в 1954 г. универсальный сцинтилляционный радиометр РУС (Кеирим-Маркус И.Б., Успенский Л.Н., Маркелов В.В.).

При помощи прибора можно производить измерение мощности дозы гамма-излучения, начиная от уровня естественного фона, контролировать загрязненность поверхностей альфа- и бета-активными веществами в присутствии гамма-фона, а также регистрировать потоки и дозу нейтронов в широком диапазоне энергий.

Для измерения дозы нейтронов были использованы сферические замедлители из тканеэквивалентного материала по нейтронам. Прибор РУС явился первым нейтронным дозиметром у нас в стране. При помощи этого прибора впервые было показано, что за защитой реакторов промежуточные нейтроны вносят существенный вклад в создаваемую дозу. Это послужило основанием для усиления защиты, в результате чего удалось снизить лучевые нагрузки в обслуживаемых помещениях транспортных ядерно-энергетических установок.

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

В период строительства и пуска первых атомных заводов, наряду с разработкой методов и приборов дозиметрического контроля, была проведена большая организационно-методическая работа по обеспечению безопасности персонала. В частности, были подготовлены положения о дозиметрических службах, сформированы и обучены кадры дозиметристов. Совместно с дозиметрическими службами было проведено детальное исследование радиационной обстановки, что позволило оценить качество защитных устройств, выявить наиболее радиационно-опасные операции, установить содержание радиоактивных веществ как в рабочих помещениях, так и окружающей среде, было проведено изучение движения радиоактивных веществ по технологическим цепочкам и коммуникациям. Эти исследования, в которых довелось участвовать и автору, послужили основой для разработки рекомендаций по улучшению условий труда и обоснованию объема радиационного контроля (Гусев Н.Г., Городинский С.М., Исаев Б.М., Марей А.Н., Пархоменко Г.М., Тарасенко Н.Ю., Штуккенберг Ю.М.).

Хотелось бы обратить внимание на следующее обстоятельство. После пуска первого радиохимического завода (объект Б) на комбинате «»Маяк» было обнаружено, что происходит довольно интенсивное радиоактивное загрязнение воздуха рабочих помещений открытых поверхностей в цехах, спецодежды и кожных покровов персонала. Это было обусловлено конструктивными недостатками ряда узлов установок, что приводило к протечкам радиоактивных веществ. В плане работ по обеспечению безопасности, обусловленных указанным радиационным фактором, необходимо было принимать срочные меры. Н.Ю. Тарасенко непосредственно на объекте проводит эксперименты по подбору моющих и дезактивирующих средств. Ужесточается система санитарно-пропускного режима и контроль уровня радиоактивного загрязнения спецодежды и кожных покровов. Однако при разработке мероприятий по обеспечению радиационной безопасности на первом радиохимическом заводе (объект Б) возник ряд трудностей, связанных с тем, что были неизвестны предельно-допустимые уровни загрязнения воздуха, воды, рабочих поверхностей и кожи продуктами деления урана, т. е. возникла необходимость разработки соответствующих нормативов. Инициатором этого направления работ был И.В. Курчатов. В один из дней начала 1949 г. он вызывает нас с Ю.М. Штуккенбергом и лично ставит задачу, снабжает нас имеющейся информацией о свойствах продуктов деления урана, которая в то время была крайне секретной. При этом постоянно следит за ее выполнением, обсуждает результаты, торопит с завершением работ. За короткий срок были рассчитаны допустимые уровни содержания урана, радия, плутония, стронция и смесей продуктов деления в воде, воздухе, а также в организме человека при их пероральном однократном и хроническом поступлении. Это позволило нам оценить радиационную опасность при загрязнении открытых поверхностей в рабочих помещениях, рук и спецодежды персонала радиоактивными веществами и установить соответствующие допустимые уровни, в указанной работе принимал участие и Б.М. Исаев. Эти первые в стране нормативы, базирующиеся хотя и на ограниченных экспериментальных радиобиологических данных, послужили основой для разработки мероприятий по улучшению условий труда на объекте.

За исходный тезис при регламентации допустимых уровней радиоактивного загрязнения было принято в то время, что загрязненная поверхность является потенциальным источником внутреннего облучения за счет наличия определенной вероятности попадания радиоактивных веществ в организм пероральным путем по цепочке: загрязненная поверхность — руки — желудочно-кишечный тракт (ЖКТ).

Допустимый уровень радиоактивного загрязнения поверхности рассчитывали исходя из предположений, что при ежедневном поступлении радионуклида внутрь организма с загрязненных поверхностей или рук, его содержание в критическом органе к концу трудовой деятельности, т. е. через 30 лет, не должно превысить предельно допустимое содержание (ДПС). Ежедневное поступление для этих граничных условий определяли из уравнения баланса активности радионуклида в организме с использованием известных в то время данных о коэффициентах резорбции радионуклидов из ЖКТ в критический

орган, эффективном периоде полувыведения и других радиобиологических константах.

Накопленный в настоящее время опыт работы с радиоактивными веществами позволил внести ряд корректив в изложенную концепцию нормирования уровней радиоактивного загрязнения поверхностей, хотя в основе своей она осталась прежней, а именно: загрязнение поверхности, в первую очередь, является источником внутреннего облучения. Однако ведущую роль играет не пероральное, а ингаляционное поступление в результате перехода радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей в воздух рабочих помещений за счет их испарения с поверхности, характерного для таких радионуклидов, как тритий или йод-131, или испарения в треке, свойственного альфа-активным веществам, за счет эманирования и сдувки радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей в результате действия вентиляции, перемещения персонала или выполнения различных технологических операций. Существенную роль в разработке современных концепций нормирования радиоактивного загрязнения кожи сыграли работы, выполненные под руководством Л.А. Ильина, о механизмах действия радиоактивных веществ на кожу и закономерностях их поведения и Д.П. Осанова по разработке дозиметрических моделей облучения кожи и методов расчета уровня облучения кожных покровов.

Следует отметить, что в 50-е годы существенную роль сыграли работы Н.Г. Гусева по обоснованию и расчету предельно допустимых уровней при внешнем облучении и попадании отдельных радионуклидов и их смесей в организм.

Таким образом, исходя из задач практики, на первых этапах становления атомной промышленности усилия Института были сосредоточены на создании методов и средств радиационного контроля, а также на решении некоторых вопросов нормирования радиационных факторов на основе очень скудных еще данных о поведении радиоактивных продуктов в организме и их биологическом действии.

После создания СНИИПа в 1953 г. (Союзного научно-исследовательского института приборостроения), который стал головной организацией в отрасли по разработке и созданию средств радиационного контроля, усилия Института стали сосредотачиваться на решении более фундаментальных проблем радиационной безопасности. Имеется в виду разработка методов прогнозирования радиационной обстановки и методов оценок лучевых нагрузок, обоснование объема радиационного контроля, теоретических основ дозиметрии внутреннего облучения, методов бетаметрии, разработка критериев, моделей и подходов по нормированию радиационного фактора.

В представленном докладе мы пытались рассказать, над чем мы работали в первые годы после создания института, что, с нашей точки зрения, представлялось наиболее актуальным и лучше помнится. Мы попытались отдать дань всем тем, кто работал с нами вместе, но если кто-то и не был упомянут, просим простить и иметь в виду, что сделано это не по злому умыслу, а потому, что память человеческая небезгранична.

АЭРОЗОЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА

Петрянов И.В., Садовский Б.Ф., Басманов П.И., Борисов Н.Б.

Лаборатория аэрозолей НИФХИ им. Л.Я. Карпова включилась в работы по Советскому атомному проекту в 1946 г.

На первом этапе (1946-1947 гг.) работы были связаны с исследованием изотопного обмена между жидкой фазой (водой) и водородом с целью получения форконцентрата дейтерия, разработкой и испытанием химически стойких перегородок на основе материала ФП (фильтр Петрянова) из предельно тонких волокон для диффузионного разделения шестифтористого урана, исследованием термодиффузного процесса разделения газовых смесей, методов его расчета, а также разработкой методики изотопного анализа.

Работы в этих направлениях продолжались практически до середины 50-х годов. В частности, были разработаны и переданы для практического исследования «Термоградиентный поплавковый метод измерения плотности жидкости», используемый для определения плотности тяжелой воды, опытные партии плотно-пористых многослойных материалов ФП для фильтрации кислотных радиоактивных растворов, а также электрохимического разделения изотопов (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, М.В. Тихомиров, Б.Ф. Садовский, И.А. Старостина).

Однако, в дальнейшем основным направлением стало изучение свойств радиоактивных аэрозолей и разработка принципов, методов, средств и аппаратуры по предупреждению их образования, улавливанию и анализу.

Уже тогда мы понимали, что защита от ионизирующего излучения может быть обеспечена относительно быстро и надежно, но защита как производственного персонала, так и окружающей среды от радиоактивных аэрозолей потребует больше сил, энергии, времени и затрат. Такое заключение было основано на многолетнем опыте работы лаборатории в области аэродисперсных систем ещё в довоенное время (Н.А. Фукс, И.В. Петрянов, Г.Л. Натансон, Н.И. Туницкий, М.В. Тихомиров, А.Д. Гильман). Этот опыт показывал, что практически все технологические процессы и операции, начиная от добычи руды и кончая получением конечных продуктов или изделий, например,

в химической промышленности, связаны с образованием и переходом в воздух части веществ в виде мельчайших частиц — аэрозолей.

Необходимость в быстрейшем и эффективном решении проблем по обеспечению аэрозольной безопасности при работе с радиоактивными веществами заключалась в том, что радиоактивные аэрозоли, не имея ни цвета, ни запаха, ни вкуса, представляют серьезную опасность для человека, как и для окружающей среды, при ранее не предполагаемых, чрезвычайно малых, концентрациях. Так, например, предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе населенных пунктов полония-210, равная $3{,}1 \cdot 10^{-15}$ Ки/л, соответствует массовой концентрации $0{,}7 \cdot 10^{-18}$ г/л или нахождению в 100 м^3 воздуха 2-х аэрозольных частиц радиусом 0,1 мкм, целиком состоящих из полония. Поэтому проблема борьбы с радиоактивными аэрозолями потребовала разработки принципиально новых решений, подходов, методов и средств защиты.

Сложность решения этой проблемы заключалась в том, что:
- отсутствовали какие-либо данные по основным характеристикам радиоактивных аэрозолей (дисперсность, концентрация, фазовое состояние, химическая природа и т.д.), образующихся на различных этапах технологического процесса получения ядерного горючего;
- не существовало методик, средств исследования и контроля радиоактивных аэрозолей;
- работы по влиянию радиоактивных аэрозолей на человека и окружающую среду находились в зачаточном состоянии.

Исторически сложилось так, что работы в лаборатории по этой проблеме были связаны именно с производством полония. На наш взгляд, это сыграло определенную положительную роль, т.к. полученные результаты, сделанные на их основе выводы и рекомендации при работе практически с самым опасным радиоактивным веществом, можно было с успехом использовать в других производствах.

С самого начала работы одновременно включали решение следующих задач:
1. Изучение механизма образования и свойств радиоактивных аэрозолей при различных технологических процессах и операциях.
2. Разработка высокоэффективных фильтрующих материалов, отвечающих конкретным условиям эксплуатации всего цикла получения ядерного горючего.
3. Разработка методов, средств и аппаратуры для анализа и контроля радиоактивных аэрозолей.
4. Разработка коллективных и индивидуальных средств улавливания аэрозолей.
5. Предупреждение процессов образования радиоактивных аэрозолей. Разработка принципов и методов их локализации.
6. Организация промышленного выпуска средств улавливания и анализа радиоактивных аэрозолей.

В соответствии с научной программой настоящего симпозиума ниже приводятся основные результаты работ по исследованию и улавливанию радиоактивных аэрозолей, выполнение лабораторией аэрозолей НИФХИ им. Л.Я. Карпова в содружестве с другими организациями (НИИ-9, ЛИПАН, ИБФ МЗ СССР,

ГСПИ-11, ГСПИ-12, Арзамас-16, Челябинск-40 и др.) в период с 1946 по 1956 гг.

1946 — 1950 гг.

— Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения новых фильтрующих материалов ФП из ультратонких волокон на основе перхлорвинила, полиметилметакрилата и полистирола. Изучены их фильтрующие свойства в зависимости от скорости фильтрации и дисперсности аэрозолей. Показано, что при диаметре волокон от 0,5 до 2,5 мкм сопротивление материалов пропорционально скорости фильтрации. Эффективность по отношению к аэрозолям с радиусом 0,15 мкм для заряженных материалов с размером волокон 1,5 мкм и сопротивлением 1 мм вод. ст. составляет 99,5 — 99,99%, а незаряженных — около 90% (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, А.Д. Михайлова).

— Исследован механизм фильтрации туманов слоями из ультратонких волокон. Показано, что скорость миграции жидкости по волокнам обратно пропорциональна расстоянию, на которое протекает жидкость, и пропорциональна внутреннему давлению в капле. Это послужило основой разработки и промышленного производства самоочищающихся фильтров для улавливания туманов (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, Б.Ф. Садовский, П.И. Басманов).

— Разработаны первые опытные образцы аналитических фильтров для исследования концентрации радиоактивных аэрозолей на основе фильтрующего материала ФП с учётом поглощения альфа-излучения внутри фильтрующего слоя (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, П.И. Басманов).

1951 — 1952 гг.

— Проведены исследования образования и концентрации альфа-активных аэрозолей в условиях полония-210 на установке Л-II в НИИ-9. Установлено, что при проведении технологических операций (растворение, фильтрация, возгонка, фасовка и т. п.) концентрации альфа-активных аэрозолей могут достигать сотен тысяч ПДК, а дисперсность — от сотых долей до десятков микрон (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, П.И. Басманов, Н.Б. Борисов).

— Разработан, изготовлен и испытан в производственных условиях опытный образец двухступенчатого самоочищающегося фильтра с материалом ФПП-25-6 в корпусе из оргстекла. Испытания показали, что при очистке сдувочных газов, содержащих туман смеси кислот, фильтры обеспечивают эффективность не менее 99,99%, а срок службы — более 6 месяцев (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, П.И. Басманов).

— Разработан и апробирован в производственных условиях метод определения загрязненности воздуха альфа-активными аэрозолями с помощью фильтров из материала ФП. Этот метод послужил в дальнейшем основой разработки и промышленного производства аналитических аэрозольных фильтров (АФА) для определения концентрации в воздухе альфа-, бета- и гамма-активных аэрозолей (И.В. Петрянов, П.И. Басманов, Г.И. Баберкина, Н.Б. Борисова, А.Д. Михайлова, Г.Л. Натансон, Н.Д. Розенблюм).

— Разработан способ получения ультратонких и предельно тонких волокон для фильтров высокоэффективной очистки воздуха и фильтрации жидких сред. На основе этого способа сначала в лаборатории, а затем и на Электростальском химико-механическом заводе (№ 395) выпущены промышленные партии однородного фильтрующего материала ФПП-15-2,5, а также слоистого материала ФПП-5/25-5, используемых для очистки воздуха (газов) и жидких сред (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, М.В. Тихомиров, А.Д. Михайлова, А.Д. Сиротин).
— Исследован механизм образования статического электричества в процессах дисперсного получения аэрозолей (Г.Л. Натансон).

1953 — 1954 гг.

— Исследованы процессы образования альфа-активных аэрозолей и опробованы средства их улавливания в промышленном производстве (Здание 106, Арзамас-16). Результаты этой работы показали, что двухступенчатые пластинчатые фильтры, снаряженные материалом ФПП-25-6, обеспечивают снижение концентрации на 3-5 порядков при начальной концентрации 10^{-19} — 10^{-11} Ки/л (И.В. Петрянов, П.И. Басманов).
— Сформулированы и приняты в практику проектирования и строительства предприятий отрасли принципы «зональной» планировки и «стерегущей» защиты для предприятий по получению, переработке и использованию радиоактивных веществ (И.В. Петрянов).
— Разработан и предложен двухстадийный способ очистки воздуха от радиоактивных аэрозолей в производстве гексафторида урана с применением зернистых фильтров, работающих в режиме автофильтрации (И.В. Петрянов, А.Д. Гильман).
— Проведены испытания различных конструкций фильтров (рукавные, пластинчатые, типа «гармошки») на забиваемость атмосферной пылью. Показано, что при конструкции фильтров с материалом ФПП-15-3 их эффективность составляет не менее 99,9%, сопротивление 10-20 мм вод. ст. при нагрузке ~ 100 $м^3$ /час $м^2$. Однако, эти конструкции были признаны непригодными для широкого использования в атомной промышленности, т. к. имели большие габариты и вес (П.И. Басманов).
— Изучены условия образования аэрозолей при производстве бериллия и разработан метод их улавливания (И.В. Петрянов, А.Д. Гильман, А.Д. Сиротин, В.И. Козлов).
— Разработана технология и организован промышленный выпуск фильтрующего материала ФПП-15-1,5. Исследования показали, что этот материал по отношению к существующим (ФПА, ФПС, ПМ и др.) обладает наилучшими технологическими, фильтрующими и эксплуатационными свойствами и может служить основой для разработки средств улавливания радиоактивных аэрозолей в большинстве производств (И.В. Петрянов, Н.Д. Розенблюм, А.Д. Михайлова).
— Проведены исследования системы газоочистки печи сжигания твердых отходов, содержащих альфа-активные вещества (в Здании 106, Арзамас-16). Установлено, что система газоочистки, состоящая из слоя кокса, охлаждаемого

оборотной водой, опилок, бумажного фильтра, пластинчатого и рукавного фильтров, снаряженных, соответственно, материалом ФПП-15 и ФПП-5/15, обеспечивает конечную концентрацию на уровне 10^{-13} — 10^{-14} Ки/л при начальной 10^{-6} — 10^{-8} Ки/л (П.И. Басманов).

— Исследован процесс забивания фильтрующих материалов ФПП-15, ФПП-25 и ФПА-15 водным туманом и опробован макет конусного самолетного фильтрующего элемента, предназначенного для отбора проб воздуха на содержание радиоактивных аэрозолей в атмосфере при проведении подводного ядерного взрыва (И.В. Петрянов, П.И. Басманов).

— Начата работа по созданию новых средств индивидуальной защиты органов дыхания (респираторов) и конструкций фильтров для улавливания радиоактивных аэрозолей в вентиляционных и технологических потоках.

1955 — 1956 гг.

— Обобщены результаты работ по методам исследования и свойствам альфа-активных аэрозолей. Изучены свойства аэрозолей полония при проведении различных технологических операций, их дисперсность, униполярная зарядка частиц. Установлено, что при обычных условиях наряду с аэрозолями существует парообразная фаза полония — 210, концентрация которой может превышать ПДК в сотни — тысячи раз. В соответствии с этим выданы рекомендации по созданию систем очистки воздуха, включающих, наряду с фильтром, сорбирующий слой (Н.Б. Борисов).

— Совместно с ИБФ МЗ СССР разработаны, испытаны в лабораторных и производственных условиях и выпущены первые опытно-промышленные партии респираторов «Лепесток» для защиты от радиоактивных аэрозолей (И.В. Петрянов, П.И. Басманов).

— Разработаны, определены оптимальные размеры, выданы рекомендации по конструированию и производству рамочных фильтров для очистки вентиляционных и технологических воздушных (газовых) потоков, получивших наименование «ЛАИК» (Лаборатория Аэрозолей Института Карпова). Конструкция фильтра позволяет в 1м^3 развернуть до 120 — 150 м^2 фильтрующего материала, что обеспечивает высокую производительность и малое сопротивление воздушному потоку (И.В. Петрянов, Г.Л. Натансон, П.И. Басманов, В.Н. Кириченко). На заводе «Двигатель» (п/я 130, г. Таллинн) выпущены первые партии фильтров для очистки воздуха в боксах и «горячих» камерах.

— Подготовлена документация на промышленное производство аналитических фильтров аэрозольных — АФА. Фильтры АФА с рабочей поверхностью 3, 10 и 20 см^2 предназначены для разового контроля концентрации радиоактивных аэрозолей, их химической природы, весового, дисперсного и радиографического методов анализа (Н.Б. Борисов, П.И. Басманов). Проведено испытание фильтров рамочной конструкции при очистке рециркулярного воздуха в процессе ремонта оборудования в Здании 101, Челябинск-40. Испытания показали, что рамочный фильтр с материалом ФПП-15-3,0 (и рабочей поверхностью 10 м^2 при производительности до 1000 м^2/час) обеспечивает снижение концентрации бета- и гамма-радиоактивных аэрозолей на 2-3 порядка (И.В. Петрянов, П.И. Басманов).

— Обобщены результаты теоретических, экспериментальных и производственных исследований по механизму фильтрации туманов слоями из ультратонких волокон (Н.Д. Розенблюм), а также эффективности и механизмов улавливания аэрозолей материалами ФП (Е.Н. Ушакова).
— Начаты работы по созданию сорбционно-фильтрующих материалов ФП для одновременного улавливания аэрозолей и паров радиоактивных и др. веществ (И.В. Петрянов, Н.Б. Борисов).
— Рассмотрены, обобщены работы по механизму образования и свойствам радиоактивных аэрозолей (Г.Л. Натансон).
— Начато создание лабораторий по очистке от аэродисперсных и газообразных примесей на предприятиях отрасли (НИИ-9, Челябинск-40). Оказана методическая, научно-техническая и практическая помощь этим лабораториям (И.В. Петрянов, Н.Б. Борисов, Б.Ф. Садовский, В.Н. Кириченко).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Указанный, далеко не полный, перечень работ, выполненных сотрудниками Лаборатории аэрозолей, является фундаментом для обеспечения аэрозольной безопасности в атомной промышленности.
2. К 1957 г. в основном были разработаны и внедрены в практику не только принципиально новые научные подходы к решению задач, указанных в начале доклада, но и к созданию специальной отрасли промышленного производства по выпуску средств, оборудования, аппаратуры и материалов для улавливания, а также контроля радиоактивных аэрозолей.

   Всё это послужило основанием для решения Минсредмаша возложить на Лабораторию аэрозолей НИФХИ им Л.Я. Карпова роль Головной организации по борьбе с радиоактивными аэрозолями и создать при НТС Министерства Аэрозольную секцию, председателем которой был назначен И.В. Петрянов.
3. Дальнейшее развитие научно-исследовательских, экспериментальных и конструкторских работ позволило создать надежную и эффективную защиту как производственного персонала, так и окружающей среды от радиоактивных аэрозолей на всем цикле получения ядерного горючего.
4. Выполнить этот огромный комплекс работ по обеспечению аэрозольной безопасности нам не представлялось возможным ни тогда, ни сейчас без участия в них громадного числа людей самых различных научных, конструкторских и производственных организаций. Большую роль и поддержку этим работам постоянно оказывало руководство Минсредмаша.

И сегодня, вспоминая давно прошедшее время, нам хочется выразить всем самые искренние чувства признательности и благодарности за тот труд, который они отдали становлению атомной промышленности нашей страны, и работали, как говорится, не за страх, а за совесть.

СОЗДАНИЕ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ РАБОТЫ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Рубцов В.И., Фаустова Д.Г.

В докладе приведены результаты выполненных в 40-е — 50-е годы исследований и разработок образцов средств индивидуальной защиты (СИЗ) для работ с радиоактивными веществами (РВ): спецодежды, спецобуви, перчаток, изолирующих костюмов, респираторов, пневмошлемов, пневмомасок и других видов СИЗ, а также создание принципов и методов оценки СИЗ. Показаны основные этапы организации производства, разработанного в Институте биофизики СИЗ на основе новых дезактивируемых материалов, и становления системы индивидуальной защиты персонала предприятий ядерной индустрии.

Развитие атомной техники, создание ядерного оружия, ядерно-энергетических реакторов и атомных электростанций, а также большие объемы работ с открытыми радиоактивными веществами и их чрезвычайно высокая токсичность при попадании внутрь организма и на кожные покровы уже к началу 50-х годов поставили в ряд наиболее актуальных вопросы индивидуальной защиты персонала. Средства индивидуальной защиты, применявшиеся в то время при работах в химической, военной и других отраслях промышленности, оказались малопригодными для защиты от радиоактивных веществ. В большинстве случаев эти средства не обеспечивали достаточной защиты от радиоактивных газов и аэрозолей, материалы, из которых они изготавливались, легко сорбировали радиоактивные загрязнения и плохо от них очищались, изолирующие костюмы вызывали нарушение теплового состояния организма человека, а противопылевые респираторы имели высокое сопротивление дыханию, были малоэффективны и тяжелы.

Все это обусловило необходимость создания новых средств индивидуальной защиты, обладающих исключительно высокой эффективностью, малой сорбцией радиоактивных веществ, высокой дезактивируемостью и низкой стоимостью, удовлетворяющих высоким общегигиеническим и физиологическим требованиям. Для решения вопросов разработки, испытаний и внедрения в ядерной индустрии новых образцов и видов СИЗ в 1953 г. в биофизическом отделе Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР было создано под руководством С.И. Городинского специальное подразделение. В 1955 г.

лаборатория СИЗ была переведена в Институт биофизики, а при лаборатории был создан экспериментальный цех по выпуску малых серий СИЗ. В 1956-57 гг. была создана специализированная фабрика СИЗ в г. Кимры Тверской обл. Позднее лаборатория преобразовалась в сектор СИЗ и защитных покрытий, состоящий из ряда научных лабораторий (лабораторий материалов для СИЗ, исследования санитарно-химических и токсикологических параметров СИЗ и полимерных материалов, лаборатории физиолого-гигиенических испытании СИЗ), конструкторского бюро и экспериментального цеха, где решались научные и конструкторские вопросы создания СИЗ вплоть до выпуска опытных партий и подготовки техдокументации для передачи в промышленность.

В 1952 г. были начаты исследования по оценке существующих и разработке новых полимерных материалов для защитной техники в атомной промышленности, главным образом для СИЗ. Это позволило в том же году сформулировать основное специальное требование к материалам для СИЗ: минимально сорбировать радиоактивные загрязнения и эффективно отмываться доступными моющими средствами (дезактивироваться). Из числа выпускаемых в то время полимеров, пригодных для изготовления пленок и материалов с полимерными покрытиями для изолирующих СИЗ, по дешевизне и совокупности механических и технологических свойств поливинилхлорид (ПВХ) являлся наиболее доступным для создания на его основе защитных материалов для атомной техники. ИБФ совместно с НИФХИ им. Л.Я. Карпова и Охтинским химкомбинатом изучали зависимость дезактивируемости ПВХ-пленок от марки смолы, условий ее переработки и присутствия различных компонентов (пластификаторов, наполнителей, стабилизаторов и пр.). Оптимальное решение вопроса создания легко дезактивируемого материала удалось найти лишь после разработки совершенно нового принципа составления композиции, который заключался в том, что в композицию вводят специально подобранные добавки гидрофобных веществ (смесь парафина со стеарином), выделяющихся на поверхности пластиката в виде тонкого слоя. Наличие такого слоя препятствует проникновению РВ в толщу материала. В процессе дезактивации этот слой легко удаляется с поверхности вместе с сорбированными РВ, а затем сам восстанавливается и выполняет свою защитную функцию. Эти исследования позволили создать новый тип пластиката с выпотевающей добавкой, названного «пластикат рец. 57-40 и рец. 80» и примененного в первых конструкциях изолирующих СИЗ, дополнительной спецодежды и спецобуви, а также в качестве защитного покрытия производственных помещений взамен нержавеющей стали.

С 1954 г. совместно с НИИРПом и НИИРом велись работы по созданию легкодезактивируемых резин для спецобуви, перчаток, воздухопроводящих шлангов и деталей СИЗ органов дыхания (ОД). Этапом, предшествующим созданию рецептур легкодезактивируемых резин, также было выявление влияния различных ингредиентов резиновых смесей на отмываемость резин от радиоактивных веществ. Эти исследования закончились в 1956 — 1957 гг. созданием легкодезактивируемых резин — для обуви (рец. 1062, 217, 639), шлангов (рец. 3634) , для лицевых частей СИЗ ОД (рец. 201-1, 535-1).

Опытные образцы изделий из этих резин (чуни, галоши, бахилы и перчатки из наиритового латекса, отмытые от эмульгатора) были испытаны на предприятиях, перерабатывающих облученный уран и производящих плутоний и полоний.

Работа группы СИЗ в 1953 г. была начата с разработки пневмокостюма ЛГ-1, так как актуальной задачей того времени было создание высокоэффективных СИЗ для обеспечения наиболее опасных в радиационном отношении ремонтных и аварийных работ. Пневмокостюм ЛГ-1 состоял из комбинезона из ПВХ-пленки марки В-118, прозрачного шлема из оргстекла и воздухоподающего шланга. Детали соединяли ВЧ-сваркой на специально разработанной для этой цели сварочной машине. Первые публикации о зарубежных изолирующих костюмах для работ с РВ появились уже после создания ЛГ-1. Однако эти костюмы отличались от отечественных более сложным устройством и меньшим удобством при их использовании. Были проведены испытания ЛГ-1 в производственных условиях, в которых были выявлены как положительные свойства этого костюма, так и его недостатки (жесткий шлем, шум от воздуха и пр.). Эти недостатки были ликвидированы в созданном в 1955 г. костюме ЛГ-2, изготовленном уже из новых материалов. В 1959 г. была выпущена еще более совершенная модель — пневмокостюм ЛГ-4, состоящий из комбинезона с приваренным шлемом с полусферическим смотровым стеклом, с передним расположением лаза. Благодаря простоте конструкции и удобству пользования ЛГ-4 до настоящего времени применяют на предприятиях Минатома.

В проблеме радиационной безопасности важное место занимает спецодежда (с/од), которая широко применяется при выполнении работ в условиях радиоактивного загрязнения. Для рабочих многих профессий в химической промышленности издавна для повседневной носки используется хлопчатобумажная (х/б) с/од. Она проста в обращении, дешевая, гигиенична, но не пригодна для работы с РВ из-за конструкции: много карманов, складок, застежек и прочих мест, где легко скапливается радиоактивная грязь, такая одежда плохо очищается от РВ и практически является одноразовой. Поэтому с 1953 г. начались исследования по созданию спецодежды — основной и дополнительной. Для различных х/б тканей были определены (установлены) три показателя защитных свойств: относительная проницаемость радиоактивных аэрозолей через ткань, относительный коэффициент перехода РВ через ткань при соприкосновении с поверхностью, загрязненной этим РВ, и способность ткани дезактивироваться. Пользуясь этими показателями, для с/од были отобраны х/б ткани с высокими защитными свойствами по отношению к РВ: отбеленные молескины и диагональ. Опыт эксплуатации х/б с/од в атомной промышленности показал, что при незначительных уровнях загрязнения и своевременной дезактивации с/од из х/б тканей достаточно надежно защищает человека от РВ.

При значительных загрязнениях поверх основной с/од следует использовать дополнительную. Для этих целей в 1956 г. была разработана дополнительная пленочная с/од (полукомбинезоны, полухалаты, фартуки, нарукавники). Массовый выпуск этой с/од достигает сотен тысяч изделий в год.

Развитие промышленности синтетических волокон открыло широкие возможности для создания новых тканей, обладающих необходимыми свойствами для спецодежды при работе с РВ. Аналогично пленочным материалам, на дезактивируемость ткани решающее влияние оказывает вид полимера. По совокупности основных свойств наиболее пригодными для спецодежды являются синтетические ткани на основе полиэтилентерефталата (лавсана) и полипропилена. Полипропиленовое волокно к моменту проведения исследований (1958-1960 гг.) серийно еще не выпускалось. Лавсан осваивался промышленностью, поэтому на этом волокне было сосредоточено внимание и было проведено его детальное обследование. В результате была разработана ткань на основе филаментарного лавсана атласного переплетения для спецодежды повседневной носки и ткань из штапельного лавсана для специальных костюмов. Эта с/од легко дезактивируется от осколочных элементов: имеет высокую прочность, кислото-щелочестойкость, удовлетворительную воздухо- и паропроницаемость.

Существовавшие в начале 50-х годов отечественные респираторы с фильтрами из ваты, войлока или картона имели, по существу, неудовлетворительные как защитные, так и физиолого-гигиенические свойства. Прежде всего, это объяснялось тем, что все применявшиеся в то время материалы обладали низким коэффициентом фильтрующего действия. Для повышения защитных свойств требовалось увеличивать толщину или рабочую поверхность фильтра, а это приводило к возрастанию сопротивления дыханию, а также массы и габаритных размеров респираторов. Лишь только успехи в развитии теории фильтрации, а также создание и внедрение в практику фильтрующих материалов типа ФП (фильтров Петрянова), состоящих из ультратонких полимерных волокон, обеспечили возможность разработки высокоэффективных легких респираторов, которые нашли широкое применение не только в атомной, но и во многих других отраслях промышленности. В 1955 г. совместно с НИФХИ им. Л.Я. Карпова на основе материала ФПП была создана конструкция респиратора типа ШБ-1 «Лепесток». Благодаря своей малой массе, низкому сопротивлению дыханию, высокой защитной эффективности и низкой стоимости, что позволяло его использовать в случае радиоактивного загрязнения в качестве респиратора одноразового применения, он очень быстро нашел применение во всех отраслях промышленности. К середине 80-х годов объем производства респираторов типа «Лепесток» достигал 150 млн. шт. в год, а потребность в них составляла 600 млн. шт. Его уникальная конструкция позволяет подогнать этот респиратор практически на любой размер и форму лица, а принципиально новая фильтрующая полоса обтюрации обеспечивает высокую защитную эффективность. Важное значение имеет возможность одноразового применения, что позволяет отказаться от услуг необходимых в других случаях специальных респираторных служб, занимающихся ремонтом, заменой фильтрующих элементов, очисткой, контролем качества респираторов и т. д. В ряде случаев только внедрением легких респираторов типа «Лепесток» удалось резко снизить поступление вредных веществ в организм персонала объектов. В дальнейшем на основе материала ФПП были созданы самые разнообразные по конструкции, назначению и условиям применения как легкие одноразовые

респираторы, так и респираторы с резиновыми полумасками из легкодезактивируемых материалов.

Несколько позднее для защиты органов дыхания от радона и его дочерних продуктов, а также при концентрациях других радионуклидов более 200 ПДК были созданы пневмополумаски и пневмошлемы. Эти СИЗ органов дыхания не только позволяют обеспечить более высокую степень защиты, но и улучшают тепловое состояние работающих за счет постоянной подачи чистого воздуха в количестве 160-200 л/мин.

Защита рук от прямого контакта с РВ занимает важное место в системе индивидуальной защиты персонала предприятий атомной промышленности. На заре развития в СССР атомной техники для защиты рук при работе с РВ использовали различные виды резиновых перчаток, серийно выпускавшихся отечественной промышленностью для химических производств и медицины. Для грубых работ применяли технические, диэлектрические, кислотощелочестойкие, рентгенозащитные и пр., для тонких работ, например, химико-аналитических — хирургические и анатомические. Все эти перчатки в какой-то степени предохраняли руки от загрязнения РВ, а также защищали от воздействия вредных факторов, сопутствующих работе с РВ: кислот, щелочей, органических растворителей и от механических травм. Применение этих перчаток в то время позволило сразу же частично решить проблему индивидуальной защиты кожных покровов рук при работе с открытыми РВ.

В 1954-56 гг. с учетом требований к материалам для работ с РВ были созданы защитные перчатки арт. 374, которые изготавливались методом ионного отложения из латекса хлоропренового каучука. Для улучшения дезактивируемости эти перчатки после вулканизации отмывались от эмульгатора. Эти перчатки были практически непроницаемы по отношению к растворам соединений полония и плутония, устойчивы в растворах разбавленных кислот и щелочей, имели достаточную механическую прочность. Впоследствии (до 80-х гг.) эти перчатки выпускались как «перчатки резиновые кислотощелочестойкие» и использовались в радиохимической промышленности для грубых работ с РВ и для комплектации пневмокостюмов, пневмокурток и основной спецодежды.

Наряду с этими перчатками при работе с РВ для выполнения тонких операций, требующих хорошей чувствительности пальцев, до настоящего времени используются хирургические и анатомические перчатки.

При трехзональной планировке производственных помещений для работы с альфа- и мягкими бета-гамма-излучателями боксы и камеры оснащаются специальными камерными перчатками. Камерные перчатки герметично монтируются на технологическом оборудовании на весь срок своей эксплуатации и поэтому, по существу, составляют часть этого оборудования, являясь в то же время средством защиты рук. Еще в 1948 г. С.М. Городинский оформил техническое задание на разработку первых отечественных камерных перчаток из радиационностойкой резины. Одновременно был разработан и способ герметичного крепления камерных перчаток на стенках камер и боксов с помощью дополнительного резинового жгута и двухручейкового фланца на перчаточном проеме. В 1949 г. опытное производство НИИРПа начало серийный выпуск

камерных перчаток из резины на основе каландрованного натурального каучука, затем отработанная технология была передана на завод «Ярославрезинотехника», где с 1952 г. и по настоящее время эти перчатки выпускаются как «перчатки камерные вида Т-1 и вида Т-2». Эти перчатки, наряду с латексными камерными перчатками, до настоящего времени широко используются в атомной промышленности.

Для защиты от радиоактивного загрязнения основной обуви работающих с радиоактивными веществами были разработаны на основе дезактивируемых материалов образцы дополнительной спецобуви: чехлы, бахилы, пластикатовые следы, чулки и т.д., а для работы, как правило, внутри помещений были созданы ботинки с верхом из лавсановой ткани и подошвой на основе СКС-30. Эти образцы основной и дополнительной спецобуви являются единственными видами обуви, подлежащей дезактивации, и с успехом применяемыми до настоящего времени.

Параллельно с разработкой СИЗ создавались и совершенствовались уникальные экспериментальные камеры и стенды для испытаний СИЗ и промышленное оборудование для их производства.

Завершение в короткие сроки целого комплекса работ по созданию, испытаниям и внедрению всего набора средств индивидуальной защиты: спецодежды повседневного применения, легких респираторов, спецперчаток, спецобуви, фильтрующих и изолирующих СИЗ органов дыхания, изолирующих костюмов и т.д. — позволило существенно улучшить радиационно-гигиенические условия труда персонала, создать в последующем целостную систему индивидуальной защиты и обеспечить в дальнейшем снижение профессиональной заболеваемости и материальных затрат. Следует отметить, что разрабатываемые в 40-е, 50-е годы образцы высокоэффективных СИЗ создавались из современных, отечественных, наиболее доступных и дешевых материалов с учетом возможности отечественной технологии. При этом обращалось большое внимание на простоту конструкций, их ремонтопригодность либо возможность одноразового применения, что очень важно при работах с радиоактивными веществами.

Заложенный в те годы запас новизны, технологичности, удобства в эксплуатации и т.д. позволил достичь того, что разработанные в 50-е годы образцы СИЗ до настоящего времени, хотя, конечно, в несколько модернизированном виде, выпускаются российской промышленностью и с успехом применяются как в России, так и за ее пределами.

Наиболее активное участие в создании СИЗ в 40-50-е годы принимали сотрудники ИБФ: Городинский С.М., Летавет А.А., Четверикова З.С., Жерихина Т.В., Степанова Н.М., Щербаков В.Л., Сарычев В.С., Лукина Т.В., Носова Л.М., Кузьмина Т.Д., Шатский С.Н., Чудинов В.В., Промптова Н.А., Скворцова Т.Ф., Кобылкин А.Т., Панфилова З.Е., Фишевская Э.А., Еськова Л.С., Романчук В.Я., Бавро Г.В., Иванова Т.Г., Лазарев Е.С., Шудренко Н.А., Быховский А.В., сотрудники других институтов: Петрянов-Соколов И.В., Басманов П.И., Карпов В.Л., Штединг М.Н. и многие другие.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА

Назаров А.Г.

Атомный проект на всех стадиях своего развития, от горных разработок уранового сырья до испытаний ядерного оружия в различных природных средах, сопровождался радиационным воздействием на экосистемы биосферы и здоровье человека. Экологические последствия наиболее интенсивно выявляются в радиационных катастрофах, имевших место в 1949 - 1957 гг.

К настоящему времени к числу острейших экологических проблем развития отечественного атомного проекта относятся проблемы хранения и переработки накопленного ядерного оружия, обращения с радиоактивными отходами и обеспечения безопасности отработавшего подводного атомного флота.

Для объективной оценки экологических последствий отечественного атомного проекта необходимо, прежде всего, располагать полными данными по радиационным воздействиям на биосферу и здоровье человека на каждой из стадий развития проекта: добычи и переработки уранового сырья, его обогащения, производства оружейного плутония, изготовления ядерного оружия, его испытаний в различных природных средах, хранения, обращения с радиоактивными отходами (РАО). В настоящее время таких полных данных нет, и не только в силу закрытости «атомной проблемы» долгие годы, но и по причине слабой разработанности самих экологических представлений в период становления и осуществления атомного проекта (1940-е - 1950-е годы). В условиях гонки ядерных вооружений и в связи с необходимостью создания отечественного «ядерного щита» вопросы долговременной экологической безопасности не находили должного разрешения [1]; многие из них не осознавались или откладывались «на потом». Не было постановки фундаментальных научных исследований в области возможных экологических последствий развития атомного проекта, систематизации накопленных экологических данных. В равной степени это относится как к бывшему СССР, так и к США и Великобритании.

В сложившейся ситуации проведение историко-научного анализа рассматриваемой проблемы из-за неполноты и противоречивости фактического материала крайне затруднено. В то же время именно квалифицированный историко-научный подход, с нашей точки зрения, позволит выявить объективные критерии опасных экологических последствий ядерной программы, разработать научный понятийный аппарат и тем самым перейти от преимущественно

эмоционального восприятия (бытового неприятия) ядерной энергетики к строго научному анализу её сложных накопившихся экологических проблем.

Среди разрабатываемых научных понятий важная роль принадлежит понятию радиационной экологической катастрофы [2]. Катастрофа всегда необратима, она отрицает старый тип организации, означает необходимость перехода на новые ступени научно-технического прогресса, на новую научную парадигму. В отличие от катастрофы, авария всегда локальна, как бы тяжелы последствия ее ни были. Она не выходит за пределы своего точечного или небольшого территориального проявления. После устранения неполадок авария допускает возврат к прежнему способу организации, и в этом смысле она обратима.

Так называемая «запредельная авария» в атомной энергетике, связанная с разрывом ядерного реактора и выбросом больших масс радионуклидов в окружающую среду, не будучи локализованной, мгновенно перерастает в необратимую радиационную катастрофу, охватывая большие пространства биосферы (или всю биосферу Земли) и массы людей. Сравнительно небольшие по масштабам катастрофы традиционно называют авариями.

История атомного проекта с экологической точки зрения может быть представлена историей радиационных аварий и катастроф. Большие и малые радиационные катастрофы выступают предельным выражением экологических воздействий. Они протекают с огромными скоростями, экологические последствия катастроф не могут быть полностью ликвидированы и проявляются спустя десятки, сотни, возможно, тысячи лет (распад радионуклидов плутония, америция, кюрия и др.). Не все радиационные катастрофы, подобные Кыштымской или Чернобыльской, являются мгновенно взрывными, «зримыми». Многие из них протекают внешне незаметно, радиационные воздействия накапливаются десятилетиями и могут быть «не видны» при жизни одного-двух поколений. Именно такая ситуация складывалась с первой радиационной отечественной катастрофой — сбросом предприятием «Маяк» неочищенных радиоактивных отходов в р. Течу в 1949-1951 гг. и из нее в речную систему Исеть-Тобол — в Северный Ледовитый океан. Радиационному воздействию за 40 лет подверглись 124 тыс. человек, из них 28,1 тыс. человек, проживавших по берегам р. Течи в Челябинской и Курганской областях, получили наибольшую дозу — 6 (тыс. чел.)·Зв по коллективной дозе. Средняя эффективная эквивалентная доза облучения от 3,5 до 170 сЗв отмечена у 7,5 тыс. человек, переселенных из 20 населенных пунктов, включая 1,2 тыс. человек выселенного села Метлино с дозой 170 сЗв. Жители ряда сел, находящихся в 20-30 км от производственного объединения (ПО) «Маяк», страдают до сих пор. Так в селе Муслюмово в 1949 г. проживало 4 тыс. человек, теперь около 2,5 тыс., уровень облучения составляет 28 сЗв, у детей — превышает 0,5-1,0 сЗв/год [3]. Отсутствие опыта, неразработанность вопросов экологической безопасности, недостаток информации о воздействии радиации на человека в сочетании с жёсткой целевой установкой создания атомного оружия в сжатые сроки привели к облучению персонала ПО «Маяк», особенно в первые годы осуществления атомного проекта. Всего за 40 лет деятельности предприятия 10 тыс. человек получили профессиональные заболевания, 4 тыс. человек умерли от острой

лучевой болезни. Средняя доза для первых участников челябинской группы атомного проекта составила около 200 бэр.

Вторая радиационная катастрофа, Кыштымская, была обусловлена взрывом в хранилище радиоактивных отходов в 1957 г. В том же году в Уиндскейле (Великобритания) произошла крупная авария на реакторе с выбросом в окружающую среду $7{,}4 \cdot 10^{14}$ Бк радиоактивного йода. В Челябинске же было выброшено 20 млн. Ки, из которых 18 млн. Ки осели вокруг хранилища, а 2 млн. Ки образовали Восточно-Уральский радиационной след. В зоне его воздействия (плотность по стронцию-90 — 0,1 Ки/км^2) оказались 217 населенных пунктов с общей численностью населения 272 тыс. человек; 10,5 тыс. были переселены. Коллективная эффективная эквивалентная доза составила от 1,3 тыс. чел.·Зв (эвакуированные жители) до 4,5 тыс. чел.·Зв (оставшиеся проживать в зоне повышенной радиоактивности).

Наконец, третья из челябинских радиационных катастроф (1967 г.) связана с ветровым переносом радионуклидов с обсохшей береговой полосы озера Карачай. Всего разнесено нуклидов активностью 0,6 млн. Ки на площади 2700 км^2, затронуто 63 населенных пункта (41,5 тыс. человек). В основном зона воздействия наложилась на Восточно-Уральский след Кыштымской катастрофы, тем самым ее усилив. Суммарная коллективная эффективная эквивалентная доза по трем катастрофам составляет около 12 тыс. чел.·Зв, общее число подвергшихся радиационному облучению — около 500 тыс. человек.

В настоящее время на оз. Карачай, где захоронено 120 млн. Ки радионуклидов, развивается тревожная радиационная ситуация. Она вызвана проникновением радиационных веществ объемом около 4 млн. м^3 до глубины 100 м в подземный водоносный горизонт и их медленным фильтрационным движением в сторону Челябинского водозабора. Принимаемые меры не смогли еще полностью стабилизировать ситуацию, и через 6-10 лет возможно ожидать разгрузку радиационных вод в пойме реки Мишеляк и других местах Междуречья. По нашим наблюдениям и оценкам, равнозначной по экологическим последствиям проблемой является проблема переполненных озер-накопителей жидких РАО, подпруженных в верховьях р. Течи [3]. Вся эта территория может быть отнесена к зоне чрезвычайной экологической ситуации.

Рассмотренные примеры показывают, что одной из Центральных экологических проблем всего цикла развития отечественного атомного проекта, как и мировой ядерной энергетики, служит проблема утилизации радиоактивных отходов, в широком смысле — обращения с РАО. За 50-летний период использования атомной энергии не выработано безопасной системы захоронения и обезвреживания РАО. Все эти годы основным способом избавления от накапливающихся объемов РАО был их сброс в моря, океаны, открытые речные системы. Впервые сброс РАО в море осуществили в 1946 г. США, в 1949 г. к ним присоединилась Великобритания, с 1955 г. — Япония, с 1965 г. — Нидерланды. Сбрасываемые радиоактивные отходы большей частью были помещены в 200-литровые металлические барабаны и залиты бетоном. Лондонская конвенция 1972 г. по предотвращению загрязнения морей и океанов, подписанная бывшим СССР, ограничила, но не предотвратила сброс РАО в моря и океаны.

С 1971 по 1983 гг. отходы военного ядерного комплекса регулярно сбрасывали в море Бельгия, Великобритания, Нидерланды, Франция и Швейцария, эпизодически — Япония, Италия, ФРГ, Южная Корея и Швеция. Особенно велики объемы затопления у Великобритании — 75,5% всех мировых захоронений РАО (без учета бывшего СССР), более 50 тыс. т радиационных материалов, упакованных в 120 тыс. контейнеров [4]. Лишь в 1992 г. Конференция ООН по окружающей среде и развитию высказалась за прекращение захоронения РАО в море. Россия подписала в Хельсинки в 1992 г. конвенцию по защите морской среды районов Балтийского моря, а в Бухаресте — Черноморья.

Первые сбросы РАО в море бывшим СССР были связаны с ходовыми испытаниями атомных подводных лодок (АПЛ) и атомного ледокола «Ленин».

В 1959 г., спустя 13-10 лет после начала систематических сбросов РАО США и Великобританией, в Белом море был произведен слив 600 м³ низкоактивных отходов (20 МКЖ), а в 1960 г. — слив 100 м³ жидких РАО (200 МКМ) — у острова Готланд в Финском заливе с атомного ледокола «Ленин».

Сброс твердых РАО в СССР начался с 1964 г. Для обеспечения радиационной безопасности при испытаниях ядерного оружия и захоронения РАО были определены непромысловые участки в Баренцевом и Карском морях и в районе Камчатки с точным указанием координат, фиксацией периодичности сброса, качественного и количественного состава РАО. Кроме металлических контейнеров (общим числом около 12 тыс.), для затопления использовались старые баржи, лихтеры, танкеры. И хотя такие способы захоронения РАО в СССР кажутся сейчас «нецивилизованными» сравнительно с США, Великобританией и другими развитыми странами, общий результат для загрязнения экосистем Мирового океана оказывается для всех способов сбросов РАО, цивилизованных и «варварских», практически одним и тем же. Металлические контейнеры выдерживают влияние разъедающей морской среды 10-15 лет, бетонированные — до 30 лет. По мнению специалистов, большая часть сброшенных в море контейнеров с РАО подвергается активному электролитическому разрушению.

Косвенно об этом свидетельствуют наблюдения в районах аварий атомных подводных лодок, советских и американских (1968-1989 гг.) — Бискайский залив, Бермудские острова, Норвежское море. Всего, по данным журнала «Таймс», на дне Мирового океана находится шесть затонувших АПЛ, девять атомных реакторов и 50 ядерных боеприпасов. Потерянная ВМФ США в Тихом океане около 30 лет назад водородная бомба, как считают японские исследователи, уже «потекла», находящийся в ней плутоний обнаружен в морской воде. Повышенная радиоактивность обнаружена и в районе аварий АПЛ «Трешер» и «Скорпион».

Чрезвычайная экологическая ситуация сложилась в районе гибели АПЛ «Комсомолец» в Норвежском море 7 апреля 1989 г. Это богатейший рыбопромысловый район, омываемый попеременными течениями к Баренцеву морю и к берегам Норвегии. Титановый корпус подлодки вызывает сильную электрохимическую коррозию. Первые следы радиации обнаружились через 2,5 года после аварии. Полагают, что ядерный реактор АПЛ дает течь, а корпуса торпед с ядерным плутониевым боезарядом съедены коррозией. Переход плутония в

морские морепродукты может иметь серьёзные последствия для организма человека, жителей прибрежных районов. Подъём лодки с глубины 1680 м представляет серьёзную техническую проблему, но состояние экологической безопасности в районе гибели достигло критического уровня, требующего немедленного решения.

Несмотря на большие объемы сброшенных в Мировой океан в течение 50 лет радиоактивных отходов, нет систематических данных о влиянии РАО на морскую флору и фауну, которые могли бы осветить целостную картину опасности радиоактивного загрязнения для морских организмов, экосистем и человека как конечного звена взаимодействия с Океаном. Предпринятые попытки математического моделирования радиоэкологических последствий возможных аварий атомных судов при различных вариантах сценариев аварии (глубина, скорость распространения и накопления радионуклидов) показывают довольно низкие уровни облучения морской фауны и жителей прибрежных районов, до 25% от доз естественного фона в морской среде вблизи затонувшего атомного судна. Однако эти данные нельзя распространять на весь объем сброшенных РАО, затонувших ядерных реакторов и боеприпасов.

Одной из острых экологических проблем России остаётся проблема утилизации атомного подводного флота и обращения с РАО и отработавшим ядерным топливом на объектах военно-морского флота. По данным официального доклада Минприроды РФ о состоянии окружающей среды в России за 1994 г. [5], из эксплуатации выведено 121 АПЛ (70 — Северный флот, 51 — Тихоокеанский). Всего утилизированы с вырезкой реакторного отсека, подготовлены к длительному хранению или готовятся к утилизации на судоремонтных заводах 30 АПЛ. Остальные 91 АПЛ находятся в местах постоянного базирования в неудовлетворительном состоянии. Общий срок службы достиг 32-35 лет, до 40% из них находятся более 10 лет без ремонтного обслуживания. Во многих АПЛ отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) находится в реакторах 15 и более лет. Поддержание таких АПЛ на плаву чрезвычайно сложно и опасно. Береговые и плавучие хранилища ОЯТ полностью загружены, часть РАО и ОЯТ складируют на открытых площадках. После запрещения сброса РАО в море в 1993 г. количество отходов неуклонно растет, особенно на Тихоокеанском флоте, где нет удовлетворительных мощностей по переработке жидких РАО. Затянувшийся процесс переоснащения атомного подводного флота России грозит обернуться трудно-предсказуемыми экологическими последствиями.

В результате интенсивной реализации атомного проекта в 40-е — 50-е годы в ряде регионов и в биосфере в целом создалась серьезная радиационная обстановка. Кроме рассмотренных выше радиационных катастроф на Южном Урале, обращения с РАО и ситуации с АПЛ, экологические последствия связаны со следующими радиационными воздействиями: 714 ядерных взрывов при испытании ядерного оружия (467 — в Казахстане, 132 — на северном полигоне Новая Земля), включая взрыв сверхмощной водородной бомбы в 1961г.; 183 испытания в атмосфере, отразившихся на экосистемах Крайнего Севера и Алтая; загрязнение поймы Енисея радионуклидами на протяжении 900 км в результате производства оружейного плутония в Красноярске-26; загрязнение

подземной среды в результате закачки в неё жидких РАО в Красноярске-26 и Томске-7.

В последующие годы добавились аварии на АЭС с реакторами РБМК и ВВЭР, «унаследованными» от промышленных оружейных канальных и корпусных реакторов; были проведены 115 подземных ядерных взрывов в различных регионах страны; накоплены огромные арсеналы ядерного оружия, подлежащего уничтожению согласно принятых международных обязательств [6].

Необходима разработка долговременной поэтапной стратегии смягчения экологических последствий развития атомного проекта. По экспертным оценкам, очистка ядерных военных комплексов и восстановление нарушенных экосистем биосферы потребует не менее 50-60 лет, возможно больше, с общими затратами 300-400 млрд. долларов. Оздоровление окружающей среды, реабилитация загрязненных территорий и здоровья персонала военных ядерных комплексов и пострадавшего от радиационных катастроф населения должно стать заключительным этапом развития отечественного атомного проекта. Сверхзадача этого этапа максимально возможного уменьшения экологических последствий — предотвращение возможности новых радиационных воздействий накопленных арсеналов оружия и миллиардов активности РАО.

Создание ядерного щита для России явилось исторически вынужденным актом, и ответственность за его возможные экологические последствия должны разделить те члены международного сообщества, которые явились инициаторами создания ядерного оружия. Только общими усилиями, не в одиночку, можно избавиться от реально существующей опасности возникновения глобальной радиационной экологической катастрофы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порфирьев Б.Н. и др. Анализ стратегии развития отечественной ядерной энергетики// Чернобыльская катастрофа: причины и последствия. Ч. 1. Минск, 1993, с. 14-40.
2. Назаров А.Г. Радиационные катастрофы: понятие, происхождение, последствия// Материалы Годичной научной конференции Института истории естествознания и техники РАН по итогам 1995 г. М., 1996.
3. Назаров А.Г., Бурлакова Е. Б., Шевченко В.А. и др. Резонанс. Челябинск, 1991., 54 с.
4. Глухов В.В., Лисочкина Т.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. Санкт-Петербург, 1995, с.30-38.
5. Доклад Минприроды РФ о состоянии окружающей среды в Российской Федерации за 1994 г. Зеленый мир, № 35, 1995.
6. Дуриков А.П. Радиоактивное загрязнение и его оценка. М., Энергоатомиздат, 1993, 14 с.

HISTORY OF U.S. NUCLEAR WEAPON SAFETY ASSESSMENT: THE EARLY YEARS

S. Spray

THE BEGINNING: THE ATOMIC ENERGY ACT OF 1946

In the post-World War II era following the development of nuclear weapons, the U.S. government formed the civilian Atomic Energy Commission (AEC)[1] to be responsible for the development and control of all forms of nuclear energy, including nuclear weapons. One intent was to have the atomic energy and weapon programs under civilian control but with shared responsibilities between the AEC and the military. A key requirement of the law was to specify that ultimate control of nuclear weapons and special nuclear materials resides with the President. AEC responsibility for nuclear weapons included research, development, testing, production, and retirement. On behalf of the government, AEC was given ownership of weapons-grade nuclear material, and of facilities for nuclear material processing and weapon-associated production.[2] The AEC was also given the responsibility for assuring public safety during all phases of weapons production and use lifetime. In order to assure that dual-agency responsibilities were exercised, a joint military-AEC Military Liaison Committee (MLC) was established to serve in an advisory capacity for what was then the Department of War and the Navy.[3] As an additional measure, a Director of Military Applications was appointed from within the military to serve in the AEC. A mechanism for resolving any disputes between the military and civilian agencies was also established. Arbitration was provided by the secretary of the military agency, who could refer matters to the U.S. President for final decision.[4] This was a precedent-setting structure that served as the beginnings of the U.S. dual-agency independent safety review approach.

---

1 This was a civilian agency with broad responsibilities to acquire nuclear capabilities in weapons and to develop other nuclear energy capabilities. The AEC existed as a separate agency until 1974. From 1974 until 1977, there was a change in name from AEC to the Energy Research and Development Administration (ERDA). ERDA was changed in name to the Department of Energy (DOE) and made a cabinet-level department in 1977. While the name (and some functionality) changed, the basic responsibility for nuclear weapons remained unchanged.

2 A unique feature is that all facilities are government owned, but contractor-operated.

3 This later became the Department of Defense, or DoD.

4 The current process can be arbitrated by the Nuclear Weapons Council (comprising senior DoD and DOE personnel), and any matters carried forward are conveyed jointly by the Secretaries of Defense and Energy, either to the President, or through the President's National Security Council.

Custody of the weapons was initially the responsibility of the AEC. In some situations, a separable nuclear capsule was the means of AEC control.[5] Because of readiness and operational considerations, the custody of the weapons was transferred to the military at the beginning of the 1960s. The presidential national command structure retained control of the use of the weapons.[6] However, the AEC-Department of Defense (DoD) joint responsibility for assessing the safety of the weapons in military custody was retained. The AEC laboratories most directly responsible for designing nuclear weapons[7] represented the AEC as designers of various safety approaches for weapons. A new weapon concept, known as a «sealed-pit» warhead, evolved. This concept permanently associated the nuclear material with the warhead high explosive and resulted in a different approach to safety design and assessment.

REQUIREMENTS

A general government nuclear weapon policy was established to assure public safety. In part, it stated, «that nuclear weapons and nuclear weapon systems require special consideration because of their political and military importance, their destructive power, and the potential consequences of an accident or unauthorized act. They shall be protected against the risks and threats inherent in their environment. The search for increased weapon system safety shall be a continuous process beginning as early as possible in development, and continuing throughout the life cycle of a nuclear weapon system.» This policy was further delineated in standards, formulated by the DoD with AEC(DOE) support.[8] The four standards address both nuclear detonation safety in accidents and incidents, and control of the weapons. These standards are:

1. There will be positive measures to prevent weapons involved in accidents or incidents or jettisoned weapons from producing a nuclear yield.
2. There will be positive measures to prevent deliberate arming, launching, firing, or releasing except upon execution of emergency war orders or when directed by competent authority.
3. There will be positive measures to prevent inadvertent arming, launching, firing, or releasing.
4. There will be positive measures to insure adequate security.

A positive measure was defined as «a design feature, safety device, or procedure that exists solely or principally to provide nuclear safety.»

These four safety standards are directly from the DoD Directive 5030.15, dated June 10, 1960. The basic policy and standards remain in effect today with some changes in wording and are supported by both agencies.

---

5 This configuration has not been used since the early 1950s.

6 Beginning in the early 1960s, this capability was enhanced by the implementation of «permissive action link» (PAL) control.

7 The AEC laboratories were Sandia Corporation in Albuquerque, New Mexico and Livermore, California; Los Alamos Laboratory in Los Alamos, New Mexico; and Lawrence Radiation Laboratory in Livermore, California. Now all three are designated as National Laboratories.

8 The AEC/DOE established a similar set of standards for manufacturing, assembly and disassembly, and for weapons in its custody.

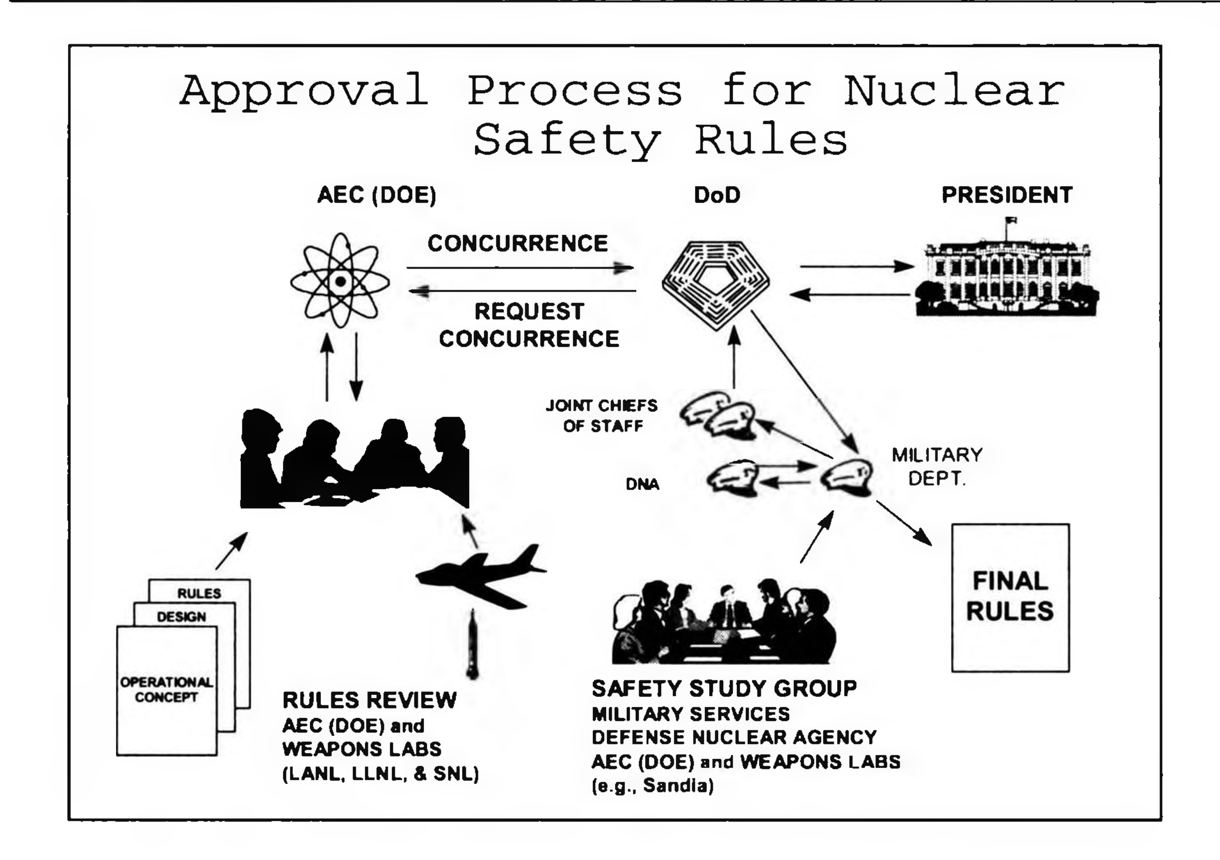
INDEPENDENT REVIEW–LATE 1950S, EARLY 1960S

In the late 1950s, the US Air Force established a Nuclear Weapon System Safety Group (NWSSG) to provide independent review of weapon systems and the details of their operational handling, using the four standards as the review criteria. The other services followed suit shortly thereafter, and an AEC(DOE) member (advised by DOE laboratory advisors, e. g., Sandia Laboratories) was added to each. In addition to their unique operational perspective, one of the strengths of this and other independent assessment groups is that they were independent of the designers, both in funding and reporting structure. NWSSG responsibilities included verification that the standards were met using effective positive measures, and development of a set of Safety Rules for the deployment of the nuclear weapon system. These rules were specifically structured for each weapon system and approved by the Secretary of Defense with AEC(DOE) concurrence.

In addition to reviewing the weapon system prior to deployment, NWSSGs conduct periodic operational reassessments after deployment. The reassessments occur two years from the first review, and every five years thereafter. Each review is intended to be a fresh look and examines the weapon system design and operation to assure that system changes, new environments, etc. have been properly addressed. The NWSSG reviews are supplemented by other forms of DoD and DOE independent review. The NWSSG reviews continue today.

AEC(DOE) FIELD REVIEWS

The proposed set of Safety Rules, developed by an NWSSG for operation of the weapon system (e.g., aircraft and bomb, missile and re-entry vehicle) were sent up the military chain of command for review and approval. They were also sent to the AEC(DOE) for concurrence. The AEC(DOE) would independently review the proposed rules by conducting an AEC(DOE) Rules Review Study. The purpose of this independent assessment group was to provide a civilian overview perspective of the operations. This group, chaired by an individual from the AEC(DOE), included senior members from the National Laboratories (Los Alamos, Livermore, and Sandia). As part of the review, this group would go to the appropriate military field operational sites and observe the proposed safety rules in operation with trainer weapons. If the group concluded that these rules were satisfactory, the DoD was provided AEC(DOE) concurrence. The AEC(DOE) field reviews were required on all new systems and when significant modifications were proposed to an existing weapon system.



QUANTITATIVE REQUIREMENTS

Quantitative safety criteria were also established for the weapons. These were specified in the Military Characteristics (MC) document. The MC also established other parameters of the weapon (yield, weight, reliability, etc.), and were supplemented by a Stockpile-to-Target Sequence (STS) document specifying physical normal and abnormal (accident) environments. The MC were prepared in collaboration with the AEC(DOE), then formally transmitted to the AEC(DOE)-DoD Military Liaison Committee and safety requirements were specified for each weapon.

In the late 1960s, a uniform set of quantitative safety objectives was established for all programs. Summarized, they stated that "the probability of a premature nuclear detonation of a warhead ... shall not exceed:

1. «For the normal storage and operational environments described in the STS, 1 in 109 per nuclear weapon lifetime».
2. «For the abnormal environments described in the STS, 1 in 10^6 per warhead exposure or accident.»

These uniform weapon safety criteria maintained and reinforced the dual approach to nuclear detonation safety — prevent accidents, but given an accident, prevent nuclear yield. The overall national risk was thus assured to be very, very low, but not solely dependent on accident prevention. This concept can be written in equation format as follows:

National Risk << (Accident Probability) (Probability of Nuclear Yield given an Accident).

MORE INDEPENDENT REVIEW

Design Review and Acceptance Groups (DRAAGs) are an independent entity of each service on behalf of the DoD. The DRAAG is an all-military review group, but has members from each of the Services with a nuclear weapon capability. DRAAGs review weapon designs prior to formally accepting the design as meeting the military characteristics on behalf of the DoD. Each was chaired by the military service that was principally responsible for the weapon (Army, Navy, or Air Force) and accepted the weapon as war reserve (WR), the highest level of safety, quality and reliability. They conducted periodic reviews during the weapon development program and a final review of the design being proposed for deployment.

PERSONNEL SECURITY REQUIREMENTS AND REVIEWS

The two-person control concept was implemented at all AEC(DOE) and DoD facilities and operations in the late 1950s. Later, a Personnel Assurance Program for screening critical AEC(DOE) personnel, and a similar Personnel Reliability Program for DoD personnel were also implemented. Participation in these programs is mandatory for all individuals who have physical «hands on» access to nuclear weapons. Both personnel programs include elements such as medical assessments (medical exam, drug abuse evaluation, alcohol abuse evaluation, and psychological assessment) and documentation of experience in nuclear explosives and weapons operations. Compliance to these requirements are reviewed and verified on a periodic basis. These programs are still an important part of assuring weapon system safety today.

ADDITIONAL SAFETY EVALUATION

In the late 1960s, a separate, independent organization was formed within Sandia to provide independent safety assessment of internally designed weapon safety features, and to provide an additional technical foundation for the safety assessment advice given to the AEC(DOE) in their independent review activities. Major emphasis was on evaluating abnormal environment (accident) safety technologies, both in improving the understanding of the accident environment and the response of weapon components exposed to the abnormal environments. The independence of the safety assessment organization was enhanced by establishing an organizational reporting level direct to high levels of management at Sandia and independent of the weapon design reporting chain. This action moved the independent nuclear weapons assessment into a new structure, which continues to be supported today.

During the early 1970s, significant improvements in safety technology were made by the three national laboratories. For example, the Enhanced Nuclear Detonation Safety (ENDS) concept was developed at Sandia National Laboratories. This concept is based on a passive safety approach using «first principles» (i.e., fundamental laws of nature or physics). ENDS is implemented using barriers, stronglinks and weaklinks. Other significant safety technology improvements in the early 1970s were insensitive high explosives and fire resistant pits developed and introduced by Los Alamos National Laboratory and Lawrence Livermore National Laboratory.

In the same time frame as these safety technology improvements, a joint AEC(DOE)-DoD reevaluation of the entire nuclear weapon system stockpile was conducted. One of the objectives was to assess the desirability of retrofitting with these new safety technologies. As a result of these reviews, safety improvements were implemented as appropriate. These types of reviews have continued on a system-by-system basis.

IMPORTANT GOALS: CONTINUING REVIEWS; CONTINUOUS IMPROVEMENT

This paper has provided only a brief overview of some of the major assessment interaction between the DOE and DoD. There are many additional elements to the total safety process conducted by the DoD and the DOE. These elements include extensive internal assessment activities for the weapons and weapon systems. The DoD, DOE, and the National Weapon Laboratories continue to review existing systems and explore means of improving safety.

In reviewing the history of the U.S. nuclear weapons program, it is clear that independent assessment through a dual-agency structure, and through separate, internal independent assessment groups, such as exist at Sandia National Laboratories, has been a major contributor to the U.S. nuclear weapon safety record.

ACKNOWLEDGMENTS

In summarizing my exposure to the history of U.S. nuclear weapons safety, I also drew on the experiences and writings of numerous other participants in the program. Since it is impractical to credit every source of information, the best I can do is acknowledge that there were a large number of people who contributed directly or indirectly to the information I have outlined.

This work was supported by the United States Department of Energy under Contract DE-AC04-94AL85000

USA NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES AND RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL

Parker F.

Since the inception of public access to atomic energy information, the National Academy of Sciences and the National Academy of Engineering through their operating arm, the National Research Council, have reviewed various aspects of both civilian and defense radioactive waste management and disposal. The earliest reviews began in 1954 and in 1955. The most recent reports, were both more detailed, and as befits the times, more provocative.

Some recurrent themes, which are not necessarily the views of the National Academy of Sciences/National Research Council are: each environmental situation is unique; choices should be informed by risk assessment; the definition of risk should be broadened to include social, cultural and economic values; with proper site selection, no technical reasons exist why geological disposal should not be safe according to the level of risks that are commonly accepted as safe by the public; we need to be humble about our ability to predict the distant future with any degree of accuracy - certainly less than 1000 years; in-situ investigations are mandatory, and independent peer review is essential.

EARLY YEARS, 1955-1980

Apparently, the first external, independent scientific review of any waste disposal program in the world was carried out by one of the predecessor committees to the Board on Radioactive Waste Management. The first Report on the Biological Effects of Atomic Radiation (BEAR) published in 1956 had as one of its six chapters on "Disposal and Dispersal of Radioactive Wastes"[1]. It is interesting to note how prescient that committee was. They said that the items that required further study were:

«1. Geophysical and geochemical aspects of ultimate disposal of highly radioactive wastes.
2. Site selection for various nuclear facilities, particularly chemical processing plants and their location with respect to suitable waste disposal areas.
3. Transportation of highly radioactive materials.
4. Relationship of introduction and development of nuclear facilities to basic public health, social and economic situations extent or resulting from such development».

It should also be noted that dispersal in that report had quite a different meaning than would be interpreted today. The authors meant spread of isotopes and sources for medical, scientific and industrial use; release of nuclides in reactor, reprocessing or storage accidents; and fallout from weapons testing which they recommended be evaluated for international control. The report also stated that: «The problems of waste disposal could be international in character and must be solved technically so that the total environment is maintained at a low level of radioactivity in order that accidents that are bound to occur will not be disastrous.»

Note that the report did not say that there would be no accidents. Much more famous is the report from the other predecessor committee of the present board «The Disposal of Radioactive Waste on Land»[2]. The Committee on Waste Disposal of the Division of Earth Sciences' report in 1957 incorporates much of the work discussed at a meeting in September 1955 at Princeton University. The report deals with both shallow and deep disposal. Shallow is a bit of a misnomer since they studied mines at 6000-7000 feet depths. The committee stated that "storage in tanks is at present the safest and possibly the most economical method of containing waste.»

The report states that «the most promising method of disposal of high level waste at the present time seems to be in salt deposits.»

After disposal in salt, the most promising method «seems to be stabilization of the waste in a slag or ceramic material forming a relatively insoluble product. They could be placed in dry mines, surface sheds or large cavities in salt.» The committee also said «disposal of waste in porous beds interstratified with impermeable beds in a synclinal structure is a possibility for the more distant future" but «very difficult and complex problems will have to be solved before it will become feasible.» Finally, the committee stated «continuing disposal of certain (large volume) low level waste in the vadose water zone, above the water table, is of limited application and probably involves unacceptable long term risks.» How much further ahead we would be today if the AEC and its successor agencies had heeded that advice!

Obviously, the committee did not have 20-20 foresight. They considered salt impermeable (even with C.V. Theis on the committee) and there is no mention of the problems in the disposal of the extremely long lived actinides. (Possibly because the whole topic had just come out from classification). However, they had their priorities right as they stated «Discussion of hazards lead to the conclusion that safety was to be primary concern taking precedence over cost.»

These recommendations lead directly to the Salt Disposal Project in 1957 at Oak Ridge National Laboratory. The work progressed so well that at the First International Conference on Waste Disposal [3] a paper on salt disposal was presented. In addition two papers were included in the First Hearings on Waste Disposal before the Joint Committee on Atomic Energy [4], both in 1959. That work led to the successful demonstration of spent nuclear fuel in salt deposits Project Salt Vault in Lyons, Kansas, in 1964-1967, the first of its kind [5].

The thermal question raised in the disposal on land publication [2] was returned to almost immediately when Francis Birch suggested that wastes that produced heat at the rate of 0.01 Watts per gallon in a layer 100 m thick «could be accommodated without undue rise of temperatures. Concentrations much above this level would raise

questions exceedingly difficult to answer» (100°C) [6]. Despite this early and continuing advice on limiting temperature rises in geologic formations, the AEC and its successor agencies continue to believe that they can dispose of wastes without difficulty at much higher temperatures (275°C) [7].

As part of its contract with the AEC, the NAS/NRC was «to serve as continuing advisor on the geological and geophysical program." [8]. To that end the Committee now known as the Committee on Geological Aspects of Radioactive Waste Disposal visited all of the major installations and examined the hydro fracture experiments at Oak Ridge, the proposed disposal of high level waste into the crystalline «bedrock» beneath the Savannah River Site, disposal practices and calcination processes at the National Reactor Test Site at Idaho Falls, Idaho, disposal operations at the Hanford Atomic Products Operation and the salt site experiments at Hutchinson and Lyons, Kansas. In the committee report, a series of guidelines were presented «(1) safety is a primary concern, taking precedence over cost; (2) radioactive waste, if disposed of underground, should be isolated as permanently as possible from contact with living organisms.» The committee concluded that "none of the major sites at which radioactive wastes are being stored or disposed of is geologically suited for safe disposal of any manner of radioactive waste other than very dilute, very low level liquids, with the probable exception of grout injection into fractured shale at Oak Ridge.» How much less would be our environmental restoration costs and how much higher the standing of the nuclear program with the public if this advice had been followed!

This report to the AEC was not released to the general public because, (Boffey alleges) of its negative evaluation of AEC sites' potential for liquid disposal on site [9].

The committee returned to the problem of disposal of high level wastes in salt deposits. The panel stated that «the use of bedded salt for the disposal of radioactive wastes is satisfactory. In addition, it is the safest choice now available, provided the wastes are in an appropriate form and the salt beds meet the necessary design and geological criteria.»[10] With the successful conclusion of Project Salt Vault, the AEC announced in 1970 its intention to build a full scale repository at Lyons, Kansas in bedded salt in 5 years and at cost of $25·10^6$ ($25 million) [11]. With the political climate prevailing at that time, it would have been possible to do that. The demonstration was subsequently abandoned for political and technical reasons including loss of circulation during solution mining at the nearby American Salt Company mine [11].

The Committee then proceeded to study specific projects at the Savannah River [12] and Hanford sites [13]. The first Panel concluded «that no reasonable amount of exploration from the land surface can conclusively demonstrate the safety of waste storage in deep vaults. Essential for such a demonstration is in-situ inspection and testing of the rocks in which vaults might be constructed.»

The review of the Hanford Site might have been written today as it states that «Waste management at Hanford... has been severely criticized for inadequate budgets, over hasty decisions and carelessness in day to day operations.» The Panel also recommended that "most soils and sediments containing dispersed radionuclides should be left in place, and should not be exhumed unless and until a major hazard to the environment can be demonstrated.»

Prior to the Hanford review, the committee reviewed the proposal for interim storage of solidified high level waste (Retrievable Surface-Storage Facility (RSSF)) and concluded «that retrievable surface storage is an acceptable interim stage in a comprehensive system for managing high level radioactive waste.» [14].

In a brief letter report on transportation [15] the committee found that from the Panel's «limited perspective... it seems likely that the overall risk in transportation is that of direct death and injury and damage to property from conventional traffic accidents totally unrelated to radiation.» This is an endorsement for the risk-based approach, an appreciation that non-radioactive hazards can, in transportation most likely exceed the radioactive hazard and finally, a holistic approach to the problem of waste disposal.

In the first generic analysis of the burial of low level wastes, the committee, stated that «while the Panel believes that there has been, and will be, no measurable harm to man from past and present practices of land burial of solid low-level wastes, we are not convinced that current practices should be continued indefinitely into the future.» [16].

In the report on Geological Criteria for Repositories for High Level Radioactive Wastes [17], the committee assumed: «The use of a deep repository in a suitable geological environment is the most feasible way at present to attempt the isolation of radioactive wastes from the biosphere for several hundred years in the case of beta-gamma emitters, and a few thousand years for the alpha-emitters.» The report then recommended general geological, long-term stability, hydrological, geochemical, and geoeconomic criteria that are not much different from those in use today.

The Committee recognized early that the issue of verification would be at the heart of the problem of the implementation of long-term environmental radiation standards and recommended a performance assessment that would be iterative [18].

One of the more controversial reports was on solidification of high level wastes where it was found that the «solid waste forms should be selected only in the context of the total radioactive waste management system.» [19].

The Panel in addition to acknowledging what it learned from foreign programs also felt that the expertise in industry, universities and nonprofit institutions had been neglected and should be more fully drawn upon.

WORK, 1980–1995

The Board published 14 reports in its first 24-1/2 years, and in the last decade, the Board has been more prolific and authored 49 reports.

The Board participated in an evaluation of the Draft Generic Environmental Impact Statement on Commercially Generated Radioactive Waste (GEIS) [20] and found numerous faults with it including imbalance, little systems analyses, «overly simplistic indicators for assessing complex social and economic impacts,» «superficial discussion of equity issues,» and unrealistic time schedules. Many of these criticisms still hold today.

The Board then commented on the Nuclear Regulatory Commission's draft rule 10CFR60 for disposal of high level waste [21] and found the rule premature since it was promulgated prior to EPA's rule which it must equal or exceed and was based,

apparently on an internal, not available to the public, not final, EPA standard. The Committee found eight reasons that the rule was not satisfactory including the NRC's assertion of simplicity in licensing, lack of indication how the evaluation of the waste package and water transport time would be carried out and stated that «attempting to satisfy particular technological constraints may deflect DOE's attention from the more important goal of complying with an overall performance standard for the safety of the waste disposal system.» The Board recommended «that precise numerical criteria for major elements of the repository system be eliminated." The Board also stated, "the difficulty of establishing technically valid and verifiable numerical criteria on the basis of current knowledge should be stressed in the analyses, as should the unavoidable uncertainty in such standards even at a later time when actual numbers may have some significance.» These criticisms and advice are still valid expressions of the Board's view and still await implementation.

With the initiation of the activities for the Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), a Panel was formed to review the scientific and technical guidelines, criteria, plans and activities of the WIPP project. As a result of the Panel's deliberations, nine letter reports and one full report [22] have been issued. This study of the first projected geological disposal in the U.S. was also the first continuing study of a waste disposal project. The contract has been renewed a number of times with the endorsement of both the DOE and the State of New Mexico's watchdog group, the Environmental Evaluation Group (EEG). The Panel has responded to requests for evaluation by both State and Federal officials as well as members of both Houses of the U.S. Congress. Though the reports have been a valuable record of the activities of the Panel, perhaps even more important have been the regular meetings with the WIPP project staff where spirited discussions on the technical and scientific aspects of the project have taken place.

The Panel has conducted the expert reviews of the scientific and technical components of the project, but has also responded to scientific questions raised by the congressional delegation. The delegation has said on numerous occasions that it would make its decision after review of the issue by the NAS/NRC Panel. It is clear from an examination of the reports that while the Panel has been complimentary about the scientific and technical expertise of the researchers, it has found the operational decisions less satisfactory. In particular, the Panel has for some time called for a performance assessment (PA) now so that the PA could illuminate the research emphasis and that both would proceed in an iterative fashion. The Panel has long called attention to problems of gas generation and the need for the study of engineering solutions to the problems of brine inflow if they should prove to be serious.

The Board reviewed waste management at the Savannah River Plant (SRP) [23] and Oak Ridge National Laboratory (ORNL) [24]. In these studies they found, as at the Hanford plant, that while current and past waste management practices had not resulted in radiation hazards to workers or the environment, nevertheless «certain procedural improvements should be implemented.»

The Panel noted at Oak Ridge continuing problems with the poor geological and hydrological factors at the site. The Panel also found that no comprehensive analysis of waste management alternatives had been undertaken and particularly lacking was a

policy on waste minimization. The Panel also found that a «major ORNL accomplishment had been the demonstration that hydro fracture can be a successful method of disposal for at least low- and intermediate-level waste.»

Another look at the Hanford waste problems [25] made three points: (1) a distinction between high level wastes placed in single shell tanks (up to the end of 1970), hereafter referred to as old wastes, and those placed in double shell tanks (post 1970), hereafter referred to as new wastes. The lower activity of the old wastes, «the costs and operational risks involved in removing them from their current locations, solidifying them and placing them in geologic repositories may warrant consideration of a different method» of disposal than in a deep geologic repository which is clearly suitable for the new wastes. (2) recommended «that to the extent practical, the choice of the preferred method for dealing with each waste type be based on a comprehensive comparison of the total risks to workers and the public involved with each option.» (3) that consideration be taken of the environmental extremes at the Hanford site «to build confidence that major contingencies have been evaluated and that the calculated risks therefore have been found to be low and acceptable.»

The first comprehensive, i.e., systems study, in the United States, for geological disposal of high level radioactive wastes and spent fuel was published in 1983 [26]. There are detailed conclusions on the readiness of the technology for geologic waste disposal, overall performance criteria, geologic waste disposal system, waste package, repository design, geology, hydrology and geochemistry, and overall performance of candidate repositories.

The Panel recommended a performance criterion of the average lifetime dose rate to an individual at any future time, renewed study of the performance of borosilicate glass and the waste package, the solubility limited dissolution rates, the formation and transport of colloids and complexes, development of a better waste form and package should be undertaken and broadening the expertise of DOE's review groups to ensure adequate consideration of interdisciplinary problems.

Equally contentious, within and outside the Board, was the first venture into the Social and Economic Aspects of Radioactive Waste Disposal [27]. The Panel «found an incomplete and inadequate body of social science knowledge available to guide the formulation and implementation of an effective radioactive waste management system.» They listed an all encompassing list of questions on public concern, effects of facility location and transportation, site-related effects and institutional issues for which answers are not available, (even today). They did recommend wider public participation and increased attention to and support to study the socioeconomic issues. The Panel specifically rejected the idea that specific socioeconomic criteria could be developed (at that time) to supplement physical science and engineering criteria in the repository selection process. The Board today still feels inadequate consideration is being given to the social sciences in the radioactive waste disposal field.

As views on the waste program become polarized and subject to greater political attention, the Board was asked to comment on documents that would have a major impact on the program. The Board took no position on the specific provisions of the repository siting guidelines, but noted that because of the multiple goals in the Nuclear Waste Policy Act and the complexity and geologic diversity of the sites to be

nominated that «it is not possible to write a set of specific evaluation criteria and procedures that will define, on scientific grounds alone, a basis for an unequivocal preference for one site over the other» and that the combination of complexity and uncertainty at these sites imply «that DOE must be accorded substantial discretion to exercise its best technical judgement in recommending three ... sites.» [28].

The Board later reviewed the methodology of repository site selection [29,30,31]. When the Board found that in the draft environmental assessments of the nine sites under consideration «the methodology of comparative assessment is unsatisfactory, inadequate, undocumented, and biased and should be reconsidered ...,» [29] DOE did just that. DOE utilized a multiattribute utility procedure for ranking sites. The Board responded by noting «while recognizing that there is no unique procedure for ranking, the Board believes that the multiattribute technique can be an appropriate method by which to integrate technical, economic, environmental, socioeconomic and health and safety issues to assist DOE in its selection of sites for characterization.» [31].

The Board in its review of the mission of DOE plan recommended that the mission be recast in broader terms such as «to develop a system to dispose of high-level radioactive waste in a manner that is scientifically and environmentally sound, publicly acceptable and economically viable.» The Board strongly recommended a more realistic time schedule and that the present strategy counting on «perfect performance by DOE in every task and extraordinary performance by NRC and EPA in discharging their responsibilities... is almost certain to fail.» The Board also urged greater face to face interaction with the public [32].

In the comprehensive review of a class of problems, uranium and mill tailings [33], the major themes emphasized in the report are: «(1) it will be necessary to maintain a low level but ongoing program of surveillance of uranium mill tailings piles with provisions for any necessary corrective actions. (2) risk-management strategies must be site specific. (3) the health risks posed by exposure to radon from uranium mill tailings piles are trivial for the average U.S. citizen, range from small to modest for most persons who live close to piles, but in special circumstances could be significant for a few individuals who live in close proximity to certain uncontrolled piles.» The Panel also recommended that «The U.S. Environmental Protection Agency should strive to achieve greater internal consistency in its approach to this problem (mill tailings-added) and greater consistency between the way in which it deals with risks from tailings and the way in which it has dealt with other similar risks.»

Perhaps one of the most influential reports called for a major overhaul in the way the high level waste disposal program was proceeding [34]. The report found that «the U.S. waste disposal program is characterized by a high degree of inflexibility with respect to both schedule and technical specifications,» and «is poorly matched to the technical task at hand.» «This alternative approach emphasizes flexibility: time to assess performance and a willingness to respond to problems as they are found, remediation if things do not turn out as planned, and revision of the design and regulations if they are found to impede progress toward the health goal already defined as safe disposal.» Most of the recommended changes were eventually made.

One of the Department of Energy's geologists had questioned the hydraulic isolation of the proposed Yucca Mountain site. As a result of field studies, modeling and geochemical

studies, the Panel found «that there is no evidence to support the assertion that the water table has risen periodically hundreds of meters from deep within the crust. In fact, the evidence strongly supports a surface-process origin for the vein...» [35].

The Report on Ward Valley, the licensed low level waste disposal site, was requested by the U.S. Department of the Interior before agreeing to transfer the Federal land to the State of California [36]. The study found that the site was suitable, but recommended continued study of the movement of surficial waters to the ground water table.

After the Supreme Court remanded portions of 40CFR191, the regulations for high level wastes, the Congress directed the National Academy of Sciences to evaluate certain contentious issues. The Panel found that the acceptance of the site should be evaluated on a risk limit, not a dose nor release limit, that compliance should be evaluated at time of peak risk, even out to one million years; and that the human intrusion scenario calculation not be based on risk to the intruder but on the resiliency of repository after intrusion to meet the risk limit [37].

The Committee had for a number of years reviewed the U.S. Department of Energy's plans for remediation of contaminated sites [38-43] and culminated these studies with a report on Problems with the Technical Management of the Program [44]. The main problems identified were: «1) planning that is driven by existing organizational structures rather than problems to be solved; 2) commitments that are made without adequately considering technical feasibility, cost, and schedule; 3) an inability to look at more than one alternative at a time; 4) priorities that are driven by narrow interpretations of regulations rather than the regulations' purpose of protecting public health and the environment; 5) the production of documents as an end in itself, rather than as a means to achieve a goal; 6) a lack of organizational co-ordination; and 7) a «not-invented-here» syndrome at individual sites.»

The most recent report has dealt with the potential of transmutation for high level wastes [45]. The Panel's recommendations were: «None of the Separations and Transmutation (S&T) system concepts reviewed eliminates the need for a geologic repository; the current policy of using the once-through fuel cycle for commercial reactors, with disposal of the spent fuel as HLW, should be continued; fuel retrievability should be extended to a reasonable time (on the order of 100 years); and a sustained, but modest, and carefully focused program of research and development over the next decade should be conducted on selected topics to support the cost-effective future application of S&T to commercial spent fuel and for defense waste applications.

This review has focused on the reports of the Board on Radioactive Waste Management, but there are numerous other reports that deal directly and indirectly with radioactive waste matters. Among these are the series of the BEIR (Board on the Effects of Ionizing Radiation) [1, 46-50], those dealing with problems at the weapons complex [51-52] and more recently those dealing with the remediation program. Particularly influential was the report recommending expanding the scope of the risk assessment and integrating risk assessment, public participation, risk management and decision makers in a seamless, repetitive process to determine the type and degree of remediation, identification of risks to workers and the public during remediation on and off the site, and determination of the remaining risk following remediation [53].

CONCLUSIONS

Having galloped through 40 years of 67 advisory reports in far fewer pages, what can one say overall about the role of the Academy and what it has accomplished. It is clear from the structure of the Academy and the makeup and nature of the members of its Panels and Boards that it would be a mistake to treat the NAS/NRC as if it were a consulting firm. Rather it is when looking at the big picture or evaluating the state-of-the-art or reviewing work at the frontiers of knowledge that is most useful to have Academy input. In addition, because of the contentiousness of the problem and polarization of the participants the NAS/NRC is sometimes asked to serve as a scientific court.

Perhaps the most useful thing the Board has been able to do is to step back and look at the problem from fundamental scientific and technological perspective and from a systems point-of-view. The landmark reports are: «The Disposal of Radioactive Waste on Land»; «Study of the Isolation System for Geologic Disposal of Radioactive Wastes»; «Social and Economic Aspects of Radioactive Waste Disposal»; «Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal. Building Consensus»; «Groundwater at Yucca Mountain: How High Can It Rise», and «Nuclear Wastes: Technologies for Separation and Transmutation». The effect on one of the major programs of the Department of Energy, the Waste Isolation Pilot Plant (Repository in Bedded Salt for Transuranic Wastes), has been extensive at least judged by the letters of New Mexico Congressional Delegation to the Board and the Panel.

In conclusion, the Board has emphasized almost from the beginning, a need for more external review and input to the program, a more open process, a systems perspective, a more flexible schedule depending upon success in research and field explorations, a longer range perspective and that each environmental situation is unique, choices should be informed by risk assessment, the definition of risk should be broadened to include social, cultural and economic values, with proper site selection, no technical reasons exist why geological disposal should not be safe according to the level of risks that are commonly accepted as safe by the public, there is need to be humble about the ability to predict the distant future with any degree of accuracy-certainly less than 1000 years, and that in-situ investigations are mandatory. The Academy hopes that this relationship will continue to enhance the DOE program.

REFERENCES

1. The Biological Effects of Atomic Radiation (1956).
2. The Disposal of Radioactive Waste on Land (1957).
3. Disposal of Radioactive Wastes, Vienna, Austria, Vol. 2, International Atomic Energy Agency (1960).
4. Hearings, United States Cong. Joint Committee on Atomic Energy, 86th Cong., 1st Sess., 1 Vol., Washington, D.C., Government Printing Office (1959).
5. W.J. BOEGLY, JR., R.L. BRADSHAW, F.M. EMPSON, W.F. SCHAFFER, JR., F.L. PARKER, and J.O. BLOMEKE, "Project Salt Vault: A Demonstration Disposal of High-Level Radioactive Solids in Lyons, Kansas, Salt Mine," Health Physics, 12 (March 1966).
6. Thermal Considerations in Deep Disposal of Radioactive Waste (1958).
7. Site Characterization Plan, Vol. VII, U.S. Department of Energy (December 1968).
8. Review of Radioactive Waste Disposal Technology - Report to the Division of Reactor Development and Technology, U.S. Atomic Energy Commission (1966).
9. P.M. BOFFEY, "The Brain Bank of America," An Inquiry into the Politics of Science," New York, New York (1975).
10. Disposal of Solid Radioactive Waste in Bedded Salt Deposits (1970).
11. L.J. CARTER. "Nuclear Imperatives and Public Trust; Dealing with Radioactive Waste," Johns Hopkins Press (1987).
12. An Evaluation of the Concept of Storing Radioactive Waste in Bedrock Below the Savannah River Plant Site (1972).
13. Radioactive Wastes at the Hanford Reservation: A Technical Review (1978).
14. Interim Storage of Solidified High-Level Radioactive Wastes (1975).
15. Transportation of High-Level Nuclear Wastes: Letter Report of the Panel on Transportation of Radioactive Waste (1974).
16. The Shallow Land Burial of Low Level Radioactively Contaminated Solid Waste (1976).
17. Geological Criteria for Repositories for High-Level Radioactive Waste (1978).
18. Implementation of Long-Term Environmental Radiation Standards: The Issue of Verification (1979).
19. Solidification of High-Level Radioactive Wastes. Note: not published by NAS: direct requests to U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-0895 (1979).
20. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy's Draft Generic Environmental Impact Statement on Management of Commercially Generated Radioactive Waste (1980).
21. BRWM Letter Report on the U.S. Nuclear Regulatory Commission's Proposed Rule 10 CFR 60 for the Disposal of High-Level Radioactive Waste in Geologic Repositories (1981).
22. Review of the Scientific and Technical Criteria for the Waste Isolation Pilot Plant, WIPP (1984).
23. Radioactive Waste Management at the Savannah River Plant: A Technical Review (1981).
24. The Management of Radioactive Waste at the Oak Ridge National Laboratory: A Technical Review (1985).
25. BRWM Letter Report Transmitting Recommendation on the Management of Defense Wastes at Hanford to the U.S. Department of Energy (August 1985).
26. A Study of the Isolation System for Geologic Disposal of Radioactive Wastes (1983).
27. Social and Economic Aspects of Radioactive Waste Disposal (1984).
28. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy's General Siting Guidelines and U.S. Nuclear Regulatory Commission's Preliminary Decision on the Guidelines (1984).
29. BRWM Letter Report on Chapter 7 and Appendix B of the U.S. Department of Energy's Draft Environmental Assessments (April 1985).
30. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy Draft Methodology for Aiding Repository Siting Decisions (October 1985).

31. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy to Review the Application of the Methodology for Aiding Repository Siting Decisions (April 1986).
32. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy Draft Mission Plan (November 1984).
33. Scientific Basis for Risk Assessment and Management of Uranium Mill Tailings (January 1987).
34. Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal - A Position Statement of the Board on Radioactive Waste Management (1990).
35. Groundwater at Yucca Mountain: How High Can It Rise? - Final Report of the Panel on Coupled Hydrologic/Tectonic/Hydrothermal Systems at Yucca Mountain (April 1992).
36. Ward Valley. An Examination of Seven Issues in Earth Sciences and Ecology (May 1995).
37. Technical Bases for Yucca Mountain Standards (August 1995).
38. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy Predecisional Draft II of the Environmental Restoration and Waste Management Five-Year Plan (August 1989).
39. BRWM Letter Report of Review Comments on DOE's Applied Research, Development, Demonstration, Testing, and Evaluation Plan (March 1990).
40. HSST/BTRU-INEL Panels Letter Report of Review Comments on the Department of Energy's Intent to Prepare a Programmatic Environmental Impact Statement on the Department's Proposed Integrated Environmental Restoration and Waste Management Program (February 1991).
41. Safety of the High-Level Uranium Ore Residues at the Niagara Falls Storage Site, Lewiston, New York (December 1995).
42. The Potential Role of Containment-in-Place in an Integrated Approach to the Hanford Reservation Site Environmental Remediation (February 1996).
43. Environmental Management Technology - Development Program at the Department of Energy - 1995 Review (April 1996).
44. Barriers to Science: Technical Management of the Department of Energy Environmental Remediation Program (January 1996).
45. Nuclear Wastes: Technologies for Separations and Transmutation (March 1996).
46. The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (1972).
47. Considerations of Health Benefit-Cost Analysis for Activities Involving Ionizing Radiation Exposure and Alternatives: A Report (1977).
48. Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters (1988).
49. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (1990).
50. Health Effects of Exposure to Radon Time for Reassessment (1994).
51. The Nuclear Weapons Complex: Management for Health, Safety, and the Environment (1989).
52. Safety Issues and Defense Production Reactors (1987).
53. Building Consensus Through Risk Assessment and Management of the Department of Energy's Environmental Remediation Program (1994).

RUSSIAN MASS MEDIA COVERAGE OF NUCLEAR COMPLEX «MAYAK» PROBLEMS AND INDUCED INSTITUTIONAL RESPONSES

Novikov V., Segerstahl B., Popov V., Knyaz'kaya N.

The paper presents results of systematization and analyses of the materials collected in the frame of «Mayak Case Study» conducted by the International Institute for Applied Systems Analysis and pertinent to Russian mass media coverage of the problems caused by 50 yrs activity of «Mayak» - the first Soviet Nuclear Complex for weapon-grade Pu production.

Dynamics of publications shows three main periods, during which mass media focused on particular items and played active role in promotion social and institutional activity around them. It is shown, that institutional and legislative acts dealing with Mayak problems correlate with mass media coverage during that time and thus could be considered as at least partly induced by it. Differences and commonalties in central and regional mass media coverage and dynamics are discussed.

I. INTRODUCTION

The very existence of the first Soviet Nuclear Complex for weapon-grade Pu production, located in Chelyabinsk region about 70 km North to the regional center in the area of Kyshtym - Kasli lakes, of which the creation started yet in 1945 as well as of the town with almost one hundred thousand population, built near by, was a state secret during some decades of years. This industrial enterprises first named «Base 10», later - the Combine No. 817 and presently known as Industrial Association (IA) «Mayak» as well as the town of which the post address was Chelyabinsk-40, then Chelyabinsk-65, and now Ozersk have never been mentioned by any central or local Soviet mass-media. Everything that occurred in this closed zone was surrounded by a cover of secrecy although the activity of Mayak had a dangerous effect on people and environment over a large territory of the South-Urals region.

Drastical changes in the world after the termination of the Cold War made it possible for the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) to initiate in the frame of its Radiation project a special study - Mayak Case Study aimed at:

- evaluation of radiation hazards to the public and environment caused by Lake Karachai, Techa River, and the cascade of reservoirs;
- assessment of technological and management options for dealing with these hazards, and indicate principles for comparison of the costs of these options;

— description of the current institutional processes in Russia for making decisions about radioactive waste cleanup at Mayak and potential mechanisms for improving these processes, including meaningful involvement of stakeholders and the general public.

In the frame of last item a collection and analysis of Russian mass media coverage of Mayak problems were undertaken. This article deals with some results of the work and discusses possible correlation between mass media coverage and some institutional responses.

II. MAJOR STAGES OF MASS MEDIA COVERAGE

Chernobyl disaster (1986) and political changes in the former Soviet Union (FSU) started at 1989 became a trigger that raised a curtain of secrecy around nuclear industry of the FSU and radically changed public attitude to it.

Nuclear industry of the FSU as well as that of other major nuclear countries started with solving technological problems of nuclear weapon production. It could not but develop under special care of state, and the achievement of nuclear parity with the USA made nuclear industry as a symbol of proud in the eyes of lay-people. It was even indispensable to doubt about negative impacts on the health of the population living around nuclear enterprises and/or on the environment. This high public respect to nuclear science and industry was quite naturally transferred on nuclear power which was based on a well developed nuclear industry infrastructure and started rapid growth in the 70s and the first half of the 80s.

This completely complied with respectful attitude of the press to nuclear scientists. Absolute majority of the population shared the opinion that the nuclear industry was highly efficient, environment friendly and completely safe. The system of total censorship by governmental bodies of all publications in nuclear field was aimed not only to secure classified information of nuclear engineering, but also to defend the people from the influence of nonqualified opinion. There was a requirement, that any publication concerning construction, operation and development of nuclear power units and industry, as well as ecology, safety and economic efficiency, must undergo a preliminary expertise of specialists and get a permission of a relevant governmental department. As a result only high-ranking government officials or specialists (mainly, directors of research and design institutes) wrote for the public press really on all the matters. Although, inside the nuclear professional community there were many different opinions on issues of nuclear safety, nuclear strategy and so on, these differences or doubts were not open for public discussion.

In such conditions the accident on the Chernobyl NPP in April 1986 turned out to be more than a shock. Still, in the period of 1986-1988 mass media covered only the Chernobyl accident.

The situation changed in 1989. It evidently correlated with the campaign of the election of the people's deputies of the new Soviet Parliament, and unprecedented level of political activity of the population. This time not only the number of the publications was essentially raised, but also the range of examined problems was appreciably widened. The publications concerned with a radioactive contamination caused not only by the Chernobyl accident, but also by all other radiation accidents

and by the nuclear tests and peaceful explosions as well as bad practice of the early days of nuclear industry.

II. 1. PERIOD OF 1989–1991

The first report, which had a straight relating to the activity of combine «Mayak», but still did not mention its open name was appeared in press 16 June 1989. This report, published in newspaper «Chelyabinskiy Rabochiy», concerned a press conference, which took place in Chelyabinsk [1], where the first deputy of Minatom, B.V. Nikipelov, deputy director of the Institute of Biophysics of the Academy of Medical Sciences, L.A. Buldakov and director of the built South-Urals NPP Yu.E. Tarasov took part.

B.V. Nikipelov reported, that according to the decision of XXVII Congress of the Communist Party the construction of South-Urals NPP with fast reactors was started on the site between Kyshtym and Kasli. He expressed a conviction, that this relatively high cost station should be most safe. Then he reported, that in 1957 on the territory of the closed enterprise situated at Kasli a chemical explosion has occurred and as a result of that the tank, where radioactive wastes were for long storage, was disrupted. As a result, the releases of the fission products were formed in a radioactive plum with the length 105 km and the width 8-9 km. Nobody was killed in this region, but 10200 persons were evacuated. About 80% of restored territory were returned for economical activity by 1978. A reservation was created on the residual part. Economic damage was 200 000 000 rubles. When B.V. Nikipelov was questioned about a choice of the site for the South-Urals NPP he said, that this choice was not occasional. Some water reservoirs were really contaminated after the accident 1957. The NPP should clean them by evaporating the water. Besides there are a qualified specialists at the combine which should provide a precise operation of the NPP. The newspaper marked a negative reaction of the most part of audience due to the statement, made by B.V. Nikipelov. A recognition by Minatom the fact of accident 1957 was considered as delayed and insufficient. A necessity to hold the independent expertise of NPP safety and the referendum in connection with the expedience NPP construction was underlined.

The press conference got a discussion of the ground for all complex of the ecological, social and economical problems of the region. The discussion drawed into itself wide population, representatives of central and local power and specialists of nuclear power and engineering, radiation ecology, medicine etc.

Activity of combine «Mayak» was in the centre of the discussion. From the very beginning two main lines of the discussion were revealed and sharply discussed:

- Consequences of long standing activity of combine «Mayak» for regional population and environment including radioactive contamination of the river system Techa-Iset'-Tobol open reservoirs and ground water, radioactive contamination due to accident-1957 releases, radiation overexposure of the personnel and population, their health care and social protection, and rehabilitation and recultivation of the polluted lands.
- Problems of conversion of the activity of Mayak, closing some industrial units of the enterprise and Construction of South-Urals NPP with using for its creation and maintaining the considerable part of the staff of Mayak.

The article by the correspondent V. Chertkov [2], published in newspaper «Pravda», is a sample one of the first publications in central press, described past and present of the plutonium enterprises, located near closed town Chelyabinsk-40. The problems of the employment of the personnel and population of this town were raised in the article. It was stressed that the idea to convert military production by transferring 4000 specialists to the built South-Ural NPP did not work, as construction of this NPP was stopped and the future of this people became uncertain. Many newspapers [3-7] gave attention of this subject in the summer of 1989 after its discussion at the first session of Supreme Soviet. All publications about the Kyshtym accident brought a comparing this accident with Chernobyl disaster. According to official information an effect of the accident on the health and mortality of the population was not discovered. However, the newspaper «Komsomol'skaya Pravda» [4] interviewed the inhabitants of emergency area who expressed a straight contrary opinion. Almost all publications agreed that many troubles would be avoided in Chernobyl history, if the information about Kyshtym's accident was published earlier. The most profound analysis was presented by V. Gubarev [5]. In his opinion if the cause of Chernobyl accident is crying ignorance and negligence, that of Urals accident is a result of the bad knowledge.

Completion of an expert commission on the design of SUNPP at the end of the June 1989, caused a new series of appearances on the one hand the supporters, on the other hand opponents of NPP [8-10]. The supporters (mainly scientists and specialists) argued in favor of solving the problems of employment for enterprises staff, removal of electricity deficit at South Ural, decontamination of the reservoirs, etc. The opponents brought counter-arguments: build up of large amount of plutonium, insufficient study of waste management etc. It's necessary to note a high activity of opponents NPP during the electoral campaign in the spring 1989 attempt new expertises, discussions and demands for a referendum.

At the scientific-practical conference, hold in October 1989 in Chelyabinsk the profoundly argumented appeals of well-known nuclear scientists did not meet the understanding of opponents. The discussion turned out to be very emotional, with lashal accusations and reproaches [11-13]. Last months of 1989 and first months of 1990 the fate of SUNPP did not get off the pages of central and local newspapers [14-22]. It was announced that the state was ready to give for region 1,5 billion rubles and after the completion of the NPP construction to give 50% discount for electricity payment in a 30 km zone [15]. In firm, the social movements «Rodina» and «People's front» aimed to collect 2 millions signatures against the construction [18].

The subject, concerned consequences of the radioactive contamination of the region, is discussed in those days no less sharply [23-26]. Regional authorities appealed to the Prime Minister and to the Central Committee of the Communist Party with the request to conduct assessment of the environmental situation in the region and the possible decisions of the problem.

At the same time mass popular science magazine «Priroda» («Nature») published the series of articles about Kyshtym accident in 1957, prepared by the specialists and presented at first for wide population the detailed and accessible information about the event and the consequences [27-33].

The electoral campaign 1990 on the election of people's deputies of the Russian Federation and local councils promote for activisation of the discussion around combine «Mayak». Side by side with the ecological and economical arguments are also used the political arguments [20, 22]. On the territory of Chelyabinsk region was created an association of «greens». Their program includes: establishing of the committee for protection of the population, suffered from radiation accident «Kyshtym-57», organization of the ecological procession and meetings, preparing of the «round table» on the problems of the contaminated reservoirs situated around combine «Mayak» and creating of the party of «greens» [34]. The military and peaceful nuclear problems of the South Ural do not go down from the pages of the central Russian mass-media. The newspaper «Trud» publishes the article which additionally to radiation consequences of the accident-1957 started discussion of radioactive contamination of the river Techa [35]. The article appealed for an all state program for «improving» of the suffered territories. Among very seldom positive publications, there was one in the magazine «New Times», describing problems of military production conversion and a high professional level of the specialists worked at Mayak [39]. This article underlined that during more than 40 years of the operation the industrial nuclear reactors there was no one serious accident although the reactors were of Chernobyl type.

A new impulse to mass media interest appeared after a special commission of Academy of Sciences of USSR completed the work in May 1990 with a conclusion on reliability and safety of other type reactor, that was the fast reactor BN-800, scheduled for contraction at South-Urals NPP. Conclusions and recommendations of this commission were published at the newspaper «Chelyabinskiy rabochiy» [40]. In September 1990 the other commission of Academy of Sciences (headed by acad. V.A. Bol'shakov) completed the work on the assessment of ecological situation within the activity range of Mayak. At the newspaper «Chelyabinskiy Rabochiy» the deputy of the region council, assistant chief of the commission of the council on ecology, coordinator of the public movement «Nuclear Safety» N. Mironova comments the activity of this commission. She declared the commission did not get full access to the classified reports about health effect on the population lived at the contaminated territories, particularly to the materials about the results of the expedition, carried out in the area of river Techa, which was headed by academician A.P. Alexandrov in 1953, when the radioactive disposals into the open reservoirs, made in the course of 3 years (1949-1952) were very fresh yet. The next problem, raised in the course of activity of the commission was the searching of the liquidators of the Kyshtym accident 1957.

On the lst of July 1990 the information about a radiation contamination, caused by more than 40 years activities of the combine «Mayak» under the pressure of «greens» and some organizations of the city Chelyabinsk was declassified. Combine's direction opened the door of the top secret earlier units before the correspondents allowed them to make acquaintance with the situation of the IA «Mayak» [42-43].

Still the anxiety around construction of new NPP continued. The article in newspaper «Radical» dedicated for this problem described the activity of ecological expert commission of Gosplan USSR, considered a situation in Chelyabinsk region [45]. In opinion of some members of the commission this situation is more serious,

than at Chernobyl, because it was developed during 4 decades. For improvement of ecological situation it's necessary to construct South-Urals NPP: such a conclusion was made by the members of commission. On the base of conclusions and recommendations of competent commissions the session of Chelyabinsk region council met in December 1990 adopted the construction. However, as a response to a negative reactions of some parts of population, presented by activists of the «green» movement, it was planned to hold a referendum at the beginning of March 1991 on NPP construction. In addition it was decided to add the question of the storage of the radioactive waste imported from the other republics of USSR and from abroad [46-48].

To calm the anxiety, the President of the USSR issued on the 3rd of January 1991 an Order «On studying the environmental situation in Chelyabinsk region». In correspondence with this direction the commission, composed with the competent scientists and specialists should prepare within 3 months the conclusion on the ecological and radiological situation in the region [50].

The days before the referendum in Chelyabinsk the voices of the opponents sounded via mass media very resolutely. For instance: «The construction of SUNPP is inadmissible! It is necessary to stop a loss of the region» (Pirogov, professor of Chelyabinsk Medical Institute, people deputy of regional council [51]. M. Kosenko one of the leading specialists of the Institute of Biophysics, located in Chelyabinsk-65, described a radiological situation in a zone of activity of Mayak as a very gloomy [52]. The other specialist, Dr M. Shcapin confirming sharp deficit of electricity in the region argued against the SUNPP very categorically [53]. His main arguments were: a mistrust to the nuclear governmental departments initiated the construction of NPP and doubt for their possibilities to manage with new, very complex and precise technology.

The meeting, organized in Chelyabinsk by the «green» association the day before a referendum, was a culmination of the campaign against NPP constructing [54]. Results of the voting as it was expecting were against the construction of South-Urals NPP. 582.8 thousand of Chelyabinsk inhabitants (73.7% from the number of the participants, which were registered) took part at the referendum. For the construction of NPP voted 22%, against — 76%. Second question of the referendum about storage of imported wastes from other republics of USSR and foreign states at the Chelyabinsk region collected 13% positive answers and 84% — against [55]. After the referendum the excitement around Mayak was somewhat decreased at the following months.

Then another issue became dominant in mass media: radiological consequences of 40 years activity of the combine [56], a demand for full abolishing of the secrecy information on an exposure of the specialists worked at the combine, (it was supported at the lst International Sakharov Congress (Moscow, 21-25 May 1991) [57], and the criticism of the plans of conversion of the military production at the combine «Mayak», especially in part concerning the reprocessing of the spent fuel of civil NPP as well as the waste management [58]. At this dark background there was a report about a visit at Mayak of the delegation of the specialists from Commissariat of Atomic Energy of France [59]. The guests gave a high appreciation to the level of technology, used at Mayak. They expressed a confidence in good perspectives of this nuclear complex.

Last months of 1991 were a period of the final disintegration of the USSR and of becoming the sovereign Russian state. Mass media expressed hopes for improvement of ecological situation and solving of social problems of the region. The same time (Sept. 10, 1991) the Order of President of the Russian Federation «On the measures for mitigation of radioactive contamination resulted from activities of IA «Mayak» of Minatomenergoprom of the USSR and protection of population of its impact» was published [60]. It obliged the Government to prepare:

— suggestions about declaration of the areas of Chelyabinsk, Kurgan and Sverdlovsk regions as zone of the national ecological disaster, suffered as a result of the activities of the combine «Mayak»,
— a project of Russian State program on rehabilitation of Ural's region and measures for help the suffered population in 1991-1995,
— the Law «On social protection of citizens, suffered from radiation impact of radioactive contamination on the East-Urals territory» [61].

II. 2. PERIOD OF 1992–1993

Many publications in 92 presented detailed and systematic information on the radiation situation around a combine «Mayak» and data on the morbidity of the personnel and population, caused by radiation impact. All of them appealed for better investigation of the present situation. Second topic that became dominant in 92-93 was a perspective of radiochemical production and fuel reprocessing at Mayak combine. Publications urged for finding the effective ways for conversion of the military production and development of combine in future in such a way that provides solution of the environmental and social problems of the region. It should be noted for example the suggestion of a group of specialists both from Minatom and combine «Mayak» to create International Radioecological Center on the base of this oldest nuclear enterprises having not an analogy in the world [63].

New feature of regional mass media coverage which is of educational character described perspective of radiochemical production and reprocessing of nuclear fuel at the combine «Mayak» [64], and progressive technology of vitrification of radioactive wastes [65, 66].

Analysis of the mass media coverage shows that after the first period of highly emotional publications an interest increased to history details and long term perspective of contaminated areas. In the newspaper «Chelyabinskiy Rabochiy» (April, 1992) [67] a large collection of corresponding materials was published. This collection comprises a publication of Mayak director, V. Fetisov, concerning problems of the lake Karachay, the river Techa and reprocessing of liquid radioactive wastes; a publication of N. Koshurnikova, an expert of the local branch of the Institute of Biophysics, on the medical consequences of irradiation of personnel and population living near, as well as the documental materials from the declassified archives on the resettling of the radiation accident victims lived in some villages at the upper stream of the Techa. Two other publications in the regional newspaper [68-69] described problems of medical and social rehabilitation of the population living along the river Techa and at zone of East-Urals radioactive track.

Information published by central and local press [96-106] presented a lot of different data concerning radioactive contamination and its health effect. For instance in [97] a history of contamination of the Techa river was described: the population lived in water-meadow of the rivers Techa, Iset' and Tobol (near 130 thousand people) used a river water and didn't know, that it was very strongly contaminated, while at this time the concentration of radionuclides Cs-137 and Sr-90 at upper flow of Techa hundred times exceeded the allowed limits. Regional mass media paid special attention to the health of the population subjected to the radioactive exposure, first of all, those who lived before and live now in the basin of the river Techa.

It is to be noted that the problems, concerned with the inhabitants of Muslyumovo had been described in many articles. After the accident-1957 the inhabitants of some villages located along the East Ural radioactive track and upper river Techa were evacuated. However, the village Muslyumovo remained. G. Kabirov wrote, «So the criminal experiment was started. It is continued till now» [101]. The articles by M. Fonotov described the living conditions in the village Muslyumovo at present [102, 104]: the radiation in the Techa was reduced, still the river continues to keep the radionuclides and the inhabitants of the village very often don't follow the need interdictions. One of the «green» leaders N. Mironova appealed to national government to carry out a retrospective ecological expertise for zone of the radiation influence of Mayak [103].

Another important issue raised during that period was a lack of comprehensive nuclear legislation in Russia. Thus, newspaper «Rossiyskaya Gazeta» wrote about a fate of one of the participants of mitigation of the consequences of Kyshtym accident-1957; newspaper attracted attention to the problem of thousands survived «liquidators» of this accident and pointed out that absence of nuclear legislation in the country impeded solving of this problem. This issue got attention at a session of the Soviet of People's deputies of the closed town Chelyabinsk-65. This session appealed to Supreme Soviet of the Russian Federation with a demand to work out laws about closed towns and to provide a social protection of citizens-victims of accidents of the nuclear units [71].

The deputies demanded to adopt the next State Programs on:
— rehabilitation of Ural's region and helping for suffered population;
— conversion nuclear military production;
— radioactive wastes and spent fuel management.

Among socio-institutional responses of that time the lst International ecological conference «Consequences of the development of nuclear complex at Urals», carried out in May 1992, should be mentioned. The conference was organized by the initiative of the nongovernmental organizations the Social-Ecological Union and the Center of Soviet-American initiatives [72-74]. The conference considered in detail the history of the development of the South-Urals nuclear complex, causes and consequences of the heavy accidents, and the problems of the environmental and social rehabilitation.

Responding public anxiety and aiming at normalization of the situation, the Russian Parliament adopted in 1993 the Law «On the social protection of citizens suffered from radiation as a result of the accident —1957 at Mayak and of disposal of radioactive waste into the river Techa».

The end of this period is characterized by new movements around construction of SUNPP at Mayak site, which met active mass media coverage. The anniversary of the referendum in Chelyabinsk, the Democratic Party of «greens» and the movement «Nuclear Safety" decide to carry out the region referendum with the same questions by post [75]. At the end of the April more than 10 thousand signatures against constructing SUNPP and the storage of wastes were received. The correspondents of a number of central newspapers report of active appeals of the population against the storage of nuclear wastes at the territory of combine «Mayak» [76-79]. The main cause of the delay of renewing of the construction the SUNPP were the public protests, in spite of the order signed by the first vice-premiere E. Gaydar [73] at the end of March -93. Still in September 1993 the newspaper «Izvestiya» reported, that Little Soviet of Chelyabinsk region decided to renew the construction of SUNPP [82].

II. 3. PERIOD OF 1994–1995

The decision to renew the SUNPP construction served as a powerful feedback for social activity around Mayak. It caused a new splash of the appeals of the supporters and opponents of the construction but not added new arguments [83-88].

In this period the discussion between the supporters and opponents of the reprocessing and storage the radioactive wastes and spent nuclear fuel at the territory of Chelyabinsk region was continued [89-95]. Mass media reported that the population of the region had been appeared their respect, voted at the referendum against storage of radwaste at the territory of the region. Nevertheless, and after that the Chelyabinsk Region Soviet adopted the decision "On a temporary status of legislative regulation of the import at the region's territory of nuclear materials, nuclear units, sources of the ionizing radiation, radwastes and natural or artificial radioactive substances as well as their use and storage at the region's territory» [91]. The Soviet adopted a decision to introduce a tax for import of the nuclear materials and use it for rehabilitation of the health of population, suffered from the radiation. Nevertheless, a part of the population appeals against of this decision. For example, social ecological organization «Movement for nuclear safety» carried out the picketing near an administrative building when the next batch of the spent nuclear fuel had been imported at «Mayak» on May 4, 1994 [94].

In 1994-95 in publications of central and local press, along with topic of radioactive wastes and radiological consequences, new topics appeared. They concerned with realization the law «On the social protection of citizens, suffered from radiation as a result of the accident-1957 at the IA «Mayak» and of disposal of radioactive wastes into the river Techa» and executing the State program on radiation rehabilitation of the Urals region. Many articles describe the content and especially realization aspects of these documents in practice [107-119].

The Supreme Soviet of the RF adopting the State program of the radiation rehabilitation of the Urals region ordered the Government to realize priority for financing of the legislative enactments concerned with medical and social providing of the population suffered from the radiation impact [107]. However, as it was clear from the publications [120], the money from the Federal budget for Chelyabinsk region did not come sufficiently. Besides, the chairman of the Chelyabinsk regional

association on the protection of people suffered from the radiation accident «Kyshtym-57» L.V. Korotova noted that the distributing of the resources was made aimless and without participation of trade unions and publicity [108].

In connection with the shortcomings in realization of this program the President of the RF issued the Direction to the executive authorities to make at first the financing of the legislative enactments, foreseen by the program, to establish the control for the budget, to improve medical service, etc. [109].

With the aim of realization of the Law «On the social protection...» a special Department for social protection of citizens, suffered from radiation and a regional commission for implementation of the new law on the territory of Chelyabinsk region were organized. Regional administration issued a Direction, foreseen the measures for realization of the law, and affirmed the «The regulations in order to perform and handing of the certificates and attestations for receipt of the compensations and privileges» [115].

In spite of the abundance of the administrative measures for the realization of the new Law, it was acted very slowly. Causes of this are described in publications of the regional press [113, 114, 117, 118]. There is the tyranny of the officials, confusion and the bad coordination of the new Law accordance with the earlier adopted legislative documents. However, the main cause, as was noted [114], was the unpreparedness either central or Chelyabinsk authorities for realization of the Law.

III. CONCLUSIONS

1. Mass media coverage of the environmental, health, and socio-economical problems caused by a half of century activities of the first Soviet Nuclear Complex «Mayak» accounts hundreds of publications between 1989-1995. This review covers more than 150 publications, 120 of which are listed in references. The distribution of the publications over time, depicted at fig. 1, shows stable interest of the Russian public and at first the public of Chelyabinsk region to the problems of combine «Mayak». Regional mass media demonstrate even constant flow of publications during last six years. A last year lowering of publications in central press is likely to be explained not by the diminishing of acuteness of the problems, but by the absence of new approaches to their solution, which moves them a little away at the background of other numerous urgent problems in Russia.

2. Two blocks of major concerns expressed in Russian mass-media are identified:

- First block consists of ecological, health and socio-economical consequences of a long period of Mayak activities. They include such problems as radioactive contamination of Techa-Iset'-Tobol rivers system, near situated open reservoirs and ground water, radioactive contamination of the region territory as a result of accident-1957, overirradiation of the personnel and local population.
- Second block embraces problems of remediation and strategy for future. Among them there are conversion aspects, including construction of South Urals NPP, restoration of contaminated areas, social protection of the affected population. A new item appeared in this block: problems of implementation of laws for compensation and privileges.

3. Mass media played an active and positive role in promotion information about radiological situation around Mayak site and public education. This allows now to carry out more argumented and detailed discussion on the problems of environmental restoration and social rehabilitation of the population.

4. The active role of mass-media should be noted in discussing problems of nuclear legislation, especially in part of social protection of citizens and environmental restoration of territories affected by nuclear accidents. Publications initiated several central and regional commissions for evaluation the radiological hazards in South Urals. It will not be an exaggeration to say that to great extent the adoption of legislative and regulatory acts was promoted by the public opinion and its active appearances in mass-media.

5. Some well defined differences in character of central and regional press appearances should be noticed. As a rule, the central press publications are more balanced and to less extent engaged in politics and aspire to consider regional problems in long-term perspective. The regional press appearances are very often emotional (see at fg.2 headlines of some publications), politically colored, especially in periods of electoral campaigns, and to some extent aimed at discussing the current situation.

6. The discussion in Russian mass media on the whole entity problems of «Mayak» is continued. Its summing-up would be premature, because the greater part of the problems hasn't yet found its solution. Some important legislative and regulatory acts making grounds for solution of social and environmental problems are adopted. But still there exist many objective and subjective difficulties on the way of their realization, and this finds its reflection in the last publications. The conversion of military production at Mayak met difficulties. It can be seen in case of the fortune of the South-Urals NPP. Opponents and supporter of it have practically exhausted the reserve of arguments but both continue to stand up on their opinion, and the fortune of the NPP remains indefinite, in spite of the administrative decisions to carry out the construction. It allows to predict that mass media coverage of Mayak problems to be continued.

IV. ACKNOWLEDGEMENT

The research which this paper is based on has partly been supported by the Alton Jones Foundation and the US Department of Energy.

REFERENCES

1. «Long before Chernobyl». «Chelyabinskiy Rabochiy», 16.06.89.
2. V.Chertkov «The entrance for plutonium is prohibited». «Pravda», 17.07.89.
3. A.Illesh «Thirty years before Chernobyl», «Izvestiya», 12.07.89.
4. S. Smirnov, S. Belkovski, A. Polunin «A nuclear accident». «Komsomol'skaya Pravda», 15.07.89.
5. V. Gubarev «A nuclear track». «Pravda», 25.08.89.
6. The answer of L. Ryabev, the Deputy Chairman of the Council of Ministers of the USSR, for an inquiry of people's deputies about consequencies of the nuclear accident in Chelyabinsk region in 1957. «Argumenty i fakty», 1989, № 34, p.8.
7. «NTR: problemy i resheniya», 1989, № 14, p.7.
8. V. Kirshin «To know the truth». «Chelyabinskiy Rabochiy», 15.07.89.
9. V. Knyazhnichev «NPP: where to build?» Ibid., 22.09.89.
10. B. Lekarev «With a pencil in hand». Ibid., 11.10.8.
11. D. Terekhin «NPP at South Urals. To be or not to be?» "Sotsialisticheskaya Industriya», 1.10.89.
12. D. Usachev, A. Usol'tsev «The nuclear deadlock». «Sovetskaya Rossiya», 21.11.89.
13. M. Fonotov «NPP: with and without arguments». «Chelyabinskiy Rabochiy», 14.11.89.
14. «NPP: questions and answers». Ibid., 9-10.12.89.
15. A. Litovchenko. Closing speech at the plenary session of Chelyabinsk regional committee of CPSU. Ibid,, 19.12.89.
16. V. Benderskii «Is the Thermal power plant more advantageous?» Ibid., 22.12.89.
17. S. Smirnov «The water under arrest» (what dangers are connected today with the consequences of an explosion, taking place near Chelyabinsk 30 years ago?)» «Komsomol'skaya Pravda», 20.02.90.
18. V. Knyazhnichev «NPP: autographs of Chelyabinsk citizens". «Chelyabinskiy Rabochiy», 11.01.90.
19. V. Shishkin «Not autographs, but arguments». Ibid., 17-18.02.90.
20. A. Penyagin, M. Lezhnev, R. Azis «NPP: the jubilee of acquaintance» Ibid., 3-4.02.90.
21. Yu. Tarasov «The disaster is being postponed». Ibid., 06.02.90.
22. Yu. Tarasov «The water for the jubilee». Ibid., 16.02.90.
23. «Once again about the explosion». Ibid., 04.10.89.
24. «At the nuclear cemetery and around». Ibid., 11-12.11.89.
25. S. Smirnov «The nuclear Techa». «Komsomol'skaya Pravda», 07.03.90.
26. «To secure safety». «Chelyabinskiy Rabochiy», 27.02.90.
27. B. Nikipelov, E. Drozhko «The explosion at South Urals». «Priroda», 1990, № 5, p.48-50.
28. G. Romanov, A. Voronov «The radiological situation after the accident». Ibid,, p.50-53.
29. G.Romanov, D. Spirin, R. Aleksakhin «The conduct of radioactive products in environment». Ibid., p.53-58.
30. D. Spirin, E. Smirnov, L. Suvorova, F. Tikhomirov «The impact of radioactive contamination on the biosphere» Ibid., p.58-63.
31. G. Romanov, L. Buldakov, V. Shvetsov «The irradiation of population and medical aftermaths of the accident». Ibid., p.63-67.
32. G. Romanov, I. Teplyakov, V. Shilov «The restoration of economical activities». Ibid., p.67-73.
33. G. Romanov, E. Drozhko, B. Nikipelov «Summing up the results». Ibid., p.73-75.
34. «The «greens» are taking counsel». «Chelyabinskiy Rabochiy», 7-8.04.90.
35. A. Chunosov «The river made secret». «Trud», 18.09.90.
36. Zh. Medvedev «Something new about nuclear disaster in Urals». «Energiya», 1990, № 10, p.2-5.
37. A. Pokrovskii, G. Shcherbina «Can the secret town sleep quietly?» «Izvestiya», 05.10.90.
38. A. Usol'tsev «A nuclear blackmad». «Rossiyskaya Gazeta», 23.12.90.
39. A. Guber «A forbidden town». «Novoye Vremya», 1990, № 47, p.28-29.
40. «The reactor is safe». «Chelyabinskiy Rabochiy», 08.06.90.
41. M. Mironova «The problems of a nuclear complex». Ibid., 22-23.09.90.
42. «Mayak» without secrets». Ibid., 23-04.10.90.

43. «The autumn in «Sorokovka». Ibid., 11.10.90.
44. «A zone». «Ural'skiy Rabochiy», 01.11.90.
45. «It's more serious than Chernobyl...» «Radikal», 1990, № 5.
46. G. Shcherbina « The referendum will decide everything» «Izvestiya», 08.12.90.
47. V. Cherepanov «The referendum is fixed». «Pravda», 24.12.90.
48. «And now we'll have a referendum». «Moskovskie Novosti», 1990, № 50.
49. Yu. Rogozhin «60 NPP's are shut down. What should be done further?» «Izvestiya», 23.09.91.
50. «The Order of the President of the USSR from 03.01.91». «Chelyabinskiy Rabochiy», 16.01.91.
51. V. Pirogov «The view of a medician». Ibid., 04.01.91.
52. «The open radiation». Ibid., 16.01.01.
53. M. Shchapin «NPP and energy situation». Ibid., 14.02.91.
54. «Before the referendum». Ibid., 26.02.91.
55. «No to South-Urals NPP! No to nuclear cemetery!» Ibid., 19.03.91.
56. A. Akleev «We were unclassified not long ago...» Ibid., 11.05.91.
57. «Global consequences of Chernobyl disaster and the future of nuclear power» «Khimiya i Zhizn», 1991, № 11, p.3-12.
58. N. Mironova «Let the MIC (military-industrial complex) go to Europe». «Chelyabinskiy Rabochiy», 17.08.91.
59. E. Tkachenko «The future is with nuclear power». Ibid., 12.07.91.
60. «On measures for mitigation of consequences of radioactive contaminations resulting from activities of IA «Mayak» of Minatomenergoprom of the USSR and protection of population of its impact» (The Order of the President of the RSFSR from 10.09.91). Ibid., 18.09.91.
61. A project of the law «On the social protection of citizens, suffered from radiation at East-Urals area of radioactive contamination». Ibid., 29.11.91.
62. «Nuclear restoration», Ibid., 12.10.91.
63. N. Babaev, B. Nikipelov, G. Romanov, V. Fetisov, Yu. Kholina «International radioecological centre». «Priroda», 1992, № 2, p.81-83.
64. E. Tkachenko «Nuclear wastes processing would reduce budget's deficit». «Chelyabinskiy Rabochiy», 13.02.92.
65. E. Tkachenko «It's safe and profitable (a progressive technique of nuclear wastes' vitrification has been mastered by the chemical combine «Mayak»)». Ibid., 11.04.92.
66. M. Popov «A converted «sink». «Rabochaya Tribuna», 30.04.92.
67. «The invisible and terrible enemy...» «Chelyabinskiy Rabochiy», 25.04.92.
68. V. Pervykh «The river Techa, love and pain». Ibid,, 18-20.02.92.
69. «The radionuclides from rural meadow». Ibid., 17.03.92.
70. V. Sheleketov «The polar radiance over Kyshtym». «Rossiyskaya gazeta», 25.06.92.
71. V. Tarakanov «Chelyabinsk nuclear workers are demanding». «Chelyabinskiy Rabochiy», 04.03.92.
72. M. Fonotov «The world radiologists in Chelyabinsk». Ibid., 19.05.92.
73. O. Vishnyakov «Chelyabinsk-65: equal to twenty Chernobyls». «Novoye Vremya», 1992, № 30, p.52-S3; № 31, p.30-32.
74. M. Galiev «From Kyshtym with hope". «Khimiya i zhizn», 1992, № 9, p.29-33.
75. S. Luchich "»No» to nuclear wastes". «Chelyabinskiy Rabochiy", 20.05.92.
76. A.Usol'tsev «How I've spoiled a pleasant tea-drinking for newspapermen». «Rossiyskaya Gazeta», 28.07.92.
77. K. Belyaninov «Where is a nuclear sink to lokate?» «Komsomol'skaya Pravda», 26.09.92.
78. «The»nuclear» train stops under steam». «Izvestiya», 20.09.92.
79. F. Luk'yanov "The atomic train is waiting on the railway». «Izvestiya», 01.09.92.
80. M. Melkonyain «The prize winner under sign of secrecy». «Meditsinskaya Gazeta», 09.10.92
81. A. Latsis «This lake is tomorrow's Chernobyl». «Moskovskie Novosti», 25.10.92.
82. G. Galkin «The decision is taken to build NPP in Chelyabinsk region». «Izvestiya», 22.09.93.

83. S. Spitsyn «A plant in fog». Information Bulletin of Nuclear Society, 1993, № 5.
84. A. Vasil'ev «Currency to the regional budget». «Chelyabinskiy Rabochiy», 03.03.93. № 12, p.10-17.
85. V. Mel'nikov «Will the nuclear power plant's construction be renewed?» «Zelyonyi List» (The Urals environmental newspaper), 1993(December) № 3.
86. «We want our children to be healthy». Ibid., 1993(December), № 2.
87. R. Ivanov «I'm a supporter of SUNPP's construction». Ibid., 02.02.94.
88. S. Arsen'ev «The radionuclides, nuclear power and we». Ibid.
89. A. Usol'tsev «A pay for the risk». «Rossiyskaya Gazeta», 09.02.93.
90. A. Suslov, G. Romanov «'We are for a fair dialogue». «Nauchno-Informatsionnyi Metodicheskiy Bulleten'(NIMB) Yadernogo Obshchestva»(The scientific-information and methodical bulletin of the Nuclear Society), 1993, № 4, p.18.
91. E. Frantseva «The «nuclear rubbish heap» will stay, but in strict frame of law». «Chelyabinskiy Rabochiy», 15.01.93.
92. M. Fonotov «Who is nearer to the atom?» Ibid., 06.03.93.
93. M. Fonotov «Plutonium for plutonium», Ibid., 17.06.93.
94. N. Mironova, S. Luchich «A million signs against nuclear sink». «Zelyonyi List», 25.05.94.
95. M. Fonotov «The radiation hardened in glass», «Chelyabinskiy Rabochiy», 21.01.94.
96. G. Polukhin «The first steps». NIMB of the Nuclear Society, 1993, № 4, p.32-36.
97. I. Larin «The history of a nuclear town». «Energiya», 1993, № 12, p.10-17.
98. G. Prutskov «The nuclear light of «Mayak». «Spasenie», 1993 (November), № 3.
99. G. Alekseev «Why are we ill». «Chelyabinskiy Rabochiy», 18.03.93.
100. «Good environment a condition of good health». Ibid., 01.04.93.
101. G. Kabirov «A river illness». Ibid., 24.06.93.
102. M. Fonotov «Why are Muslyumovo inhabitants getting bald: from radiation or from hasty sensations?» Ibid., 19.11.93
103. A. Tikhonov «In dispute you will not take her by surprise.» «Zelyonyi List», 07.12.93.
104. M. Fonotov «The Muslyumovo risk». "Chelyabinskiy Rabochiy», 05.04.94.
105. M. Fonotov «A fishing at Kyzyltash Lake», Ibid., 29.10.94.
106. T. Smolyakova «The Urals track». «Rossiyskaya gazeta, 10.04.93.
107. «On the State programme of radiation restoration of Urals area». «Zelyonyi List», 1993, № 19, p.2.
108. S. Gershuni «And advantages after death?» «Chelyabinskiy Rabochiy», 12.08.93.
109. «The Order of the President of the RF». Ibid., 19.08.94.
110. «Let's remember Techa and «Mayak» (the interests of South Urals inhabitants, suffered from radiation, are protected by Law from now)». Ibid., 21.05.93.
111. The Law «On the social protection of the citizens suffered from radiation as result of the accident-1957 at the IA «Mayak» and disposal of radioactive wastes into river Techa» (adopted by the Supreme Soviet of the RF on May 20, 1993). Ibid., 22.06.93.
112. The Order of the Head of Administration of Chelyabinsk Region «On measures for realization of the RF Law from May 20, 1993 «On the social protection...» «Zelyonyi List», 02.03.94.
113. M. Fonotov «The protection coming late for 40 years» «Chelyabinskiy Rabochiy». 11.12.93.
114. M. Fonotov «The advantages and the nerves". Ibid., 22.04.94.
115. «The official news». «Zelyonyi List", 02.03.94.
116. L. Baturina «To the suffered from radiation». «Chelyabinskiy Rabochiy», 16.04.94.
117. V. Zhukova, Yu.Lukin «Somebody else's pain (why doesn't go on the realization of the Law on social protection of South Urals inhabitants, suffered from radiation)», Ibid., 02.04.94.
118. V. Nikitin «For the suffered from radiation», Ibid., 02.06.94.
119. The Direction of the Head of Administration of the Chelyabinsk Region «On the order of providing compensations and advantages to the citizens suffered from radiation as result of the accident-1957 at the IA «Mayak» and disposal of radioactive wastes into the river Techa». Ibid., 08.06.94.
120. «Environmental money» - where are they!» Ibid., 19.06.94.

THE CONSTRUCTION PERIOD IN MAYAK 1946–1949

Novikov V., Segerstahl B., Merkin V., Popov V.

This paper gives an overview of the construction period at the first Soviet reprocessing plant and plutonium production combine, Mayak. A review is given of the construction of the three main production units, the reactor, the radiochemical plane and the metallurgical plant. The main actions and incidents which lead to environmental contamination in the region are described shortly.

LOCATION

In the southern Urals lies the city of Ozersk[1], which until a few years ago was named Chelyabinsk-65. This city is located about 80 kilometers to the north of Chelyabinsk which is the biggest city in the region with a population of more than 1.2 million. Fifteen kilometers to the east of Ozersk lies Mayak[2] (Figure 1).

FIGURE 1: LOCATION OF MAYAK

Mayak, Russian for «Beacon», is the industrial complex where the first plutonium for the Soviet nuclear weapons program was produced. Mayak is in a sense the Soviet counterpart to the Hanford reservation in the USA. In Soviet terminology an agglomeration of industrial plants with centralized management is called a «kombinat», a combine. The Mayak combine is a huge installation which originally centered around three production units: a reactor, a chemical reprocessing plant, and a metallurgical plant.

The selected location is in a beautiful region with lakes, mountains, and forests. What was important for Mayak was that the combine had access to vast quantities of water for cooling of the reactors and to industrial infrastructure. This infrastructure included a good electricity network, railways and roads, and access to industrial production centers. An important consideration was, of course, that the location was strategically sound, far away in the center of the Soviet empire. The location was selected in 1945, at the beginning of the Soviet nuclear weapons program, by Avraamii Zaveniagin, who knew the region well after having served as representative of the Kyshtym district in the Supreme Soviet (Holloway 1994).

---

[1] The original name for this «postbox city» was Chelyabinsk-40.

[2] The Mayak combine was during the construction period first called «Base 10» and later «Combine №817». We will here for clarity only use Ozersk and Mayak as names for the city and the combine.

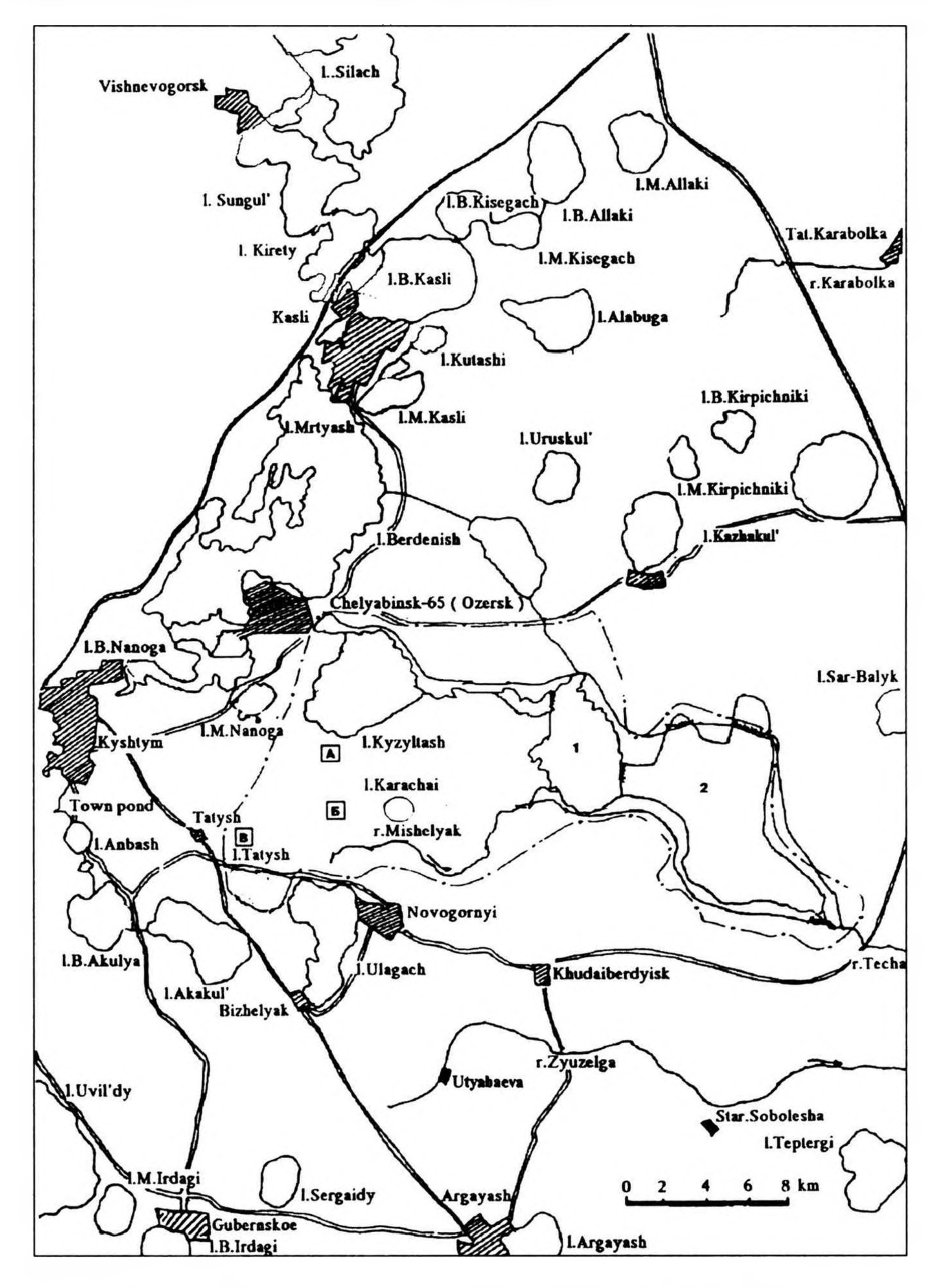


Figure 1. Locanion of Mayak. First industrial object (A, B, C) of Plutonium Combine and hydrographic network of region.
1, 2, — artifical ponds in upper stream of Techa river;
-·-·- — sanitary - protective zone of the combine

CONSTRUCTION PERIOD. PREPARATIONS

We can take August 20, 1945, as starting date for the Soviet nuclear program. On that date a resolution was passed by the State Committee for Defense to create a special committee headed by L. Beria. The task of this committee was to develop a nuclear weapon for the Soviet Union (Popov V.K. and I. 1995). On August 30, 1945, another resolution created the First Chief Directorate (FCD) which was in charge or management of the nuclear program. The former head of the People's Commissariat of munitions, Boris Vannikov, was appointed as head of this Department[3].

In October 1945 a governmental commission including representatives of Gosplan (State Planning Committee of the USSR), the Kurchatov Institute[4] and Chelyabmetallurgstroi (a metallurgical combine in the Chelyabinsk region, belonging to the Ministry of Interior Affairs) undertook investigations of the number of areas in Southern Urals. The location east of the lakes Kasli and Kyshtym was selected in October 1945. The selection was influenced by Avraamii Zaveniagin, who was Vannikov's deputy at the FCD and knew the region well after having served as representative of the Kyshtym district in the Supreme Soviet (Holloway 1994).

The geological survey started in November 1945 and the first construction workers arrived in the beginning of December. Construction work started in early 1946 when roads were laid and housing for workers was erected. The work force amounted to approximately 70,000 during this period[5].

REACTOR

Work on the foundation for the first industrial reactor (Installation «A») started in September 1946. The main reactor building was ready at the end of 1947 and assembly of the reactor started early in 1948. In January 1946 N.A. Dollezhal, the director of the All-Union Design, Planning, and Scientific Research Institute of Chemical-Mechanical Engineering in Moscow, had been assigned as chief designer of the production reactor project. Three alternative reactor designs using natural uranium were considered: heavy water, gas-graphite, and water-graphite. In the middle of 1945 the water-graphite design was chosen (Merkin 1988; Kruglov 1993).

The optimal design of the uranium-graphite reactor cooled by light water was the main engineering problem. Three different reactor designs were considered. The main differences in these three variants consisted in the configuration of the channels

---

[3] Holloway says that FCD was created with the same resolution on August 20, 1945, as the special committee headed by Beria (Holloway 1994, p. 129).

[4] At that time the institute was called Laboratory № 2. We will use names which were established later for these organizations. This, although, of course, historically imprecise approach, is chosen in order to help readers keep track of the organizations.

[5] One estimate of the total manpower required for the nuclear program is given by Holloway who cites a CIA report from 1950. In this report is estimated that between 330,000 and 460,000 people were employed in the project. Between 255,000 and 361,000 of these worked in the mining industry in the Soviet Union and in Eastern Europe, while 50,000-60,000 work in construction, 20,000-30,000 in production, and 5,000-8,000 in research (Holloway 1994, p. 172).

in the graphite masonry, in the ways of distribution of the coolant in the reactor channels, and in the systems for loading and unloading the uranium blocks.

The first variant provided vertical arrangement of the technological channels, the second provided horizontal arrangement of the channels, and the third one vertical arrangement with another direction of the water stream. The vertical variant of the reactor configuration suggested by the Kurchatov Institute and N.A. Dollezhal was adopted in June 1946. The formal decision in favor of this alternative was made on June 10, 1946 by the Scientific and Technical Council of the First Chief Directorate. The problem of cooling the 100 MWt production reactor had been analyzed earlier. It was necessary to decide if the large amount of water with low-level activity should be dumped into lake Kyzyl-Tash or whether it should be purified and reused. Recycling would lead to accumulation of large amounts of radionuclides in the purifying circuit. At that time no experience with high-level waste was available. A decision was therefore made on January 12, 1946 by Section №1 of the Scientific and Technical Council of the First Chief Directorate to use the running-water variant of reactor cooling and to create the necessary water-purifying systems for the released water. The same system was later used in other uranium-graphite reactors built at Mayak. This decision has to be evaluated in its historical context. The designers had to choose between new and untested technological alternatives. In the end the decision was made based on the assumption that with the chosen design the waste management and contamination problems would be more manageable than with alternative designs.

Later experience has shown that the chosen design is feasible under standard operating conditions and does not contribute to contamination of the environment. Before 1953 the radionuclide content of the water in Lake Kyzyl-Tash (area 19 km^2 and volume of water 83 Mm^3) didn't actually exceed safety standards. But later, however, as a result of several accidents caused by wrong technical solutions during construction and testing of new reactors radioactive contamination of Kyzyl-Tash took place and the lake began to be used as a closed water pool (Kruglov 1993).

The construction schedule for Mayak was adopted on April 24, 1946 by Section № 1 (devoted to reactor problems) of the Scientific and Technical Council of the First Chief Directorate. Issues as the arrangement of the reactor, cooling systems, water purification and chemical purification systems, and living settlement were defined by this schedule.

The laying of the foundation-stone or the main reactor building (Building №1) took place in autumn of 1946. The work on the cooling system was carried out simultaneously. For this purpose both pump stations and the building for water purification were built. A thermal 12 MWt electric power plant was built as emergency power supply. On June 8, 1947 L.P. Beria visited the building site. After his visit general M.M. Tsarevsky, who had great experience in managing major construction projects, was assigned as supervisor of the project. On June 10, 1947 E.P. Slavskii, one of Vannikov's deputies, had been assigned as Director of the Combine.

At the end of 1947 the block was almost ready. At that time L.P. Beria visited the Combine again. This visit also caused changes in the management: B.G. Muzrukov former Director of the Uralmash plant was assigned as Director of the Combine and E.P. Slavskii stayed on as Chief Engineer.

The assembling of both metal constructions and basic equipment at the site of the reactor had started in January 1948 when Kurchatov and Vannikov moved to Mayak to supervise assembly of the reactor. This work was carried out under the control of the representative of the Chief designer and supervised by the Kurchatov Institute. Many scientists from this institute were tingly involved in the work.

At the same time recruitment of staff for the reactor headed by S.M. Piankov began. The necessary services and laboratories had been created. The majority of both the management and engineering staff had been trained in Laboratory № 2. V.I. Merkin, the head of sector № 6 of the Kurchatov Institute was assigned as Chief Engineer and I. S. Panasiuk, head of sector № 1 was assigned as first scientific supervisor of the Reactor. Kurchatov, Vannikov, and Dollezhal didn't leave the construction site during the period of construction and commissioning, and the representatives of the Special Committee and the First Chief Directorate. A.P. Zaveniagin, M.G. Pervukhin, and B.S. Pozdniakov visited the Combine frequently.

Assembly of the reactor core and graphite reflector was started in early March 1948. By the end of May the basic assembly was finished and testing of the reactor mechanisms and control systems was started. The reactor was built underground in a concrete shaft. The walls were 3 meters thick and surrounded by tanks of water. The core had a diameter of 9.4 meters and contained 1,168 fuel channels (Cochran and Norris 1992, p. 49).

At the beginning of June 1948 water was let into the pipes and the heat removal system including release of water into lake Kyzyl-Tash was tested. After that the twenty-four-hour loading of the uranium slugs into the fuel channels was started. I.V. Kurchatov, B.L. Vannikov and heads of the Combine also took part in this work. On June 7 Kurchatov began to withdraw the emergency rods and the flow of water into the reactor was stopped. On June 8, 1948 at 0.30 Kurchatov had performed this physical commissioning of the reactor without heat removal with the regulating rods taken out. The reactor reached a power output of 10 kilowatts. For commissioning with water the reactor was shut down and loading of additional uranium slugs was done. At 8 p.m. on June 10 the reactor with water went critical and its power was brought to 1 MWt. Final start-up began on June 19 and on June 22, 1948 the reactor was brought to the design level of 100 MWt. In July the reactor started operating according to the production plan.

Several problems occurred during the initial stage. Aluminum canning on fuel slugs had to be replaced by aluminum oxidized in a different way in order to avoid corrosion. Fuel slugs swelled up and became stuck in the discharge pipes. After design changes the problems were solved and production continued (Holloway 1994, p. 187). On December 22 the first irradiated uranium blocks from the reactor went to the radiochemical plant.

RADIOCHEMICAL PLANT

The first plutonium in the USSR was obtained in autumn of 1944 after long irradiation of the uranium oxides from Ra-Be source. After the cyclotron in the Kurchatov Institute started operation in December of 1944 and the restoring of the

cyclotron in the Radium Institute the abilities to generate plutonium increased substantially which allowed intensive studies of the chemical properties plutonium. The scientists of the Radium Institute B.A Nikitin and A.P. Ratner supervised by V.G. Khlopin[6] devised the separation process for obtaining plutonium from irradiated uranium which was going to be used in Mayak.

The method proposed by the Radium Institute included oxidizing and a reducing process of the acetate precipitation of uranium triacetate which allowed to first separate uranium and plutonium from the major part of fission products and then to separate plutonium from uranium by changing plutonium valence form, and the affinage process of plutonium precipitation on the lanthanum fluoride as a carrier providing the necessary deep purification of plutonium from uranium fission products and macro-impurities.

The starting of the first Soviet reactor F-l at the Kurchatov Institute made it possible to maximize the scale and the speed in development of an industrial technique of radiochemical production. The experimental unit U-5 for development of the technology for plutonium production had been built in NII-9 at the end of 1946[7]. At the end of March 1947 the uranium blocks irradiated in the F-l reactor began to arrive to this unit from the Laboratory № 2. All work at this unit was carried out under the direction of the leading Soviet radiochemists such as B.A. Nikitin, B P. Nikolsky, A.P. Ratner, I.E. Starick (Radium Institute), A.P. Vinogradov (the Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Academy of Sciences of the USSR), Z.V. Ershova (NII-9) in close contact with scientists from the Kurchatov Institute such as B.V. Kurchatov, M.I. Pevzner, and G.N. Yakovlev. The unit U-5 produced on December 18, 1947 the first plutonium sample[8]. The weight of this sample was less than one milligram. During 1948 two samples, each weighing eight milligrams were produced at the plant (Holloway 1994).

During its first three years of operation the pilot plant U-5 unit had tested dozens of different operations beginning from loading of the uranium blocks irradiated in the F-1 reactor and ending with obtaining of finished plutonium concentrate. The different alternatives for extraction and for control of production had also been developed in this unit. The experimental works carried out in U-5 unit allowed not only to improve the technological processes and to improve quality of initial data. In addition the operation or U-5 gave an opportunity to train the main engineering staff for industrial production.

In the first quarter of 1946 GSPI-11 started design work for the radiochemical plant based on the first design task given by the Radium Institute (Kruglov 1993).

---

[6] Khlopin had in 1921 developed a method for extracting radium from uranium ore. He was the person mainly in charge of the research to develop a process for chemical separation of plutonium. In 1948 he was, however, already seriously ill and would die in 1950.

[7] NII-9 (Research Institute №. 9) was an institute set up before the end of the war to study the metallurgy of plutonium and uranium (Holloway 1994, p. 114).

[8] The first two samples of plutonium separated from uranium irradiated in the reactor F-l had been obtained between April and August 1947. These samples, 6.1 micrograms and 17.3 micrograms were only visible under microscopes (Holloway 1994, p. 188).

The building of the radiochemical plant (Installation «B») started at the same time as building of the first production reactor. Construction of the main production building (the so-called «Building 101») started in December 1946. Installation of technical equipment and systems was carried out simultaneously with the building of the walls. This enabled testing of the devices and learning to master the remote operation to start at the end of August 1948.

The radiochemical plant was mainly a long canyon consisting of compartments with concrete walls. After the aluminum canning had been removed from the fuel elements, they entered one end of the canyon and were dissolved in nitric acid. The separation process used soluble sodium uranyl acetate precipitation from the nitritic acid solution of irradiated uranium (Cochran and Norris 1992). The fission products were intensely radioactive and the process had therefore to be managed by remote control.

The problems caused by waste management and disposal were the most difficult ones. At the end of 1946 the Chemical and Metallurgical Section of the Scientific and Technical Council at the First Chief directorate responsible for all main plant design solutions adopted the project of the ventilation of the radiochemical plant proposed by the GSPI-11 and the Institute of Physical Chemistry of the AS of the USSR. This variant considered emitting all gases generated as a result of solution of the uranium blocks into the atmosphere through a chimney of 130 meters height (later 151 meters was chosen) combined with preliminary mixing with air. The most dangerous radionuclide I-131 should be caught by special filters. At that the problems concerning safe handling of the great amount of radioactive solutions generated after plutonium extraction had been found to be completely unsolvable. This problem was discussed at Section № 4 on June 26 and 27, 1947.

Revising the reports made by I.E. Starick (the Radium Institute) and S.Z. Roginsky (the Institute of Physical Chemistry of the AS of the USSR) the Section concluded that it is impossible to reduce the concentration of radionuclides in the dumping solutions below 10^{-7} Ci/cm^3. Their dumping into the water system was therefore unavoidable.

The last preparations for commissioning of the radiochemical plant were finished in the autumn of 1948. P.I. Tocheny was assigned as first director of the plant together with B.V. Gromov as chief engineer.

In August 1948 testing or systems and remote control installations in the radiochemical plant has finished. The first lot of uranium blocks irradiated in the reactor was loaded in the special dissolving apparatus of the radiochemical plant on December 22, 1948. The first lot of plutonium was obtained on February 26 [9], 1949 and was immediately sent to the metallurgical plant (Gladyshev 1992).

9 Holloway refers to a source giving the date the plutonium arrived at the metallurgical plant as February 27 (Holloway 1994, p. 188).

METALLURGICAL PLANT

The metallurgical plant was called «Installation V» (V is the third character in the Cyrillic alphabet). In this plant the plutonium from the radiochemical plant was purified and converted into metal for use in weapons. The experimental and industrial production was placed in three one-stored buildings near the reactor and the radiochemical plant. The starting date of the construction work was March 3, 1948 according to instructions from the Combine management (Kruglov 1993). The design of the Metallurgical Plant was devised by specialists from NII-9 (PKB) and later by specialists from the special Project Institute GSPI-12 headed by F.Z. Shyriaev and created on the base of PKB (in the earliest time in order to fulfill the demands of the secrecy this institute was named as the Moscow Project Office — MPK). Building of new workshops for the metallurgical plant was started a little bit later in 1948.

Besides the specialists from the MPK and NII-9 the scientists from the Institute of General and Inorganic Chemistry, the Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry (both of the AS of the USSR), KB-11 (later Arzamas-16) and other Soviet scientific centers took part in the design work for the plant and development of the technological processes. A.A. Bochvar, director of NII-9 was in charge of the metallurgy of plutonium.

The plutonium extraction and affinage included the following operations: reducing precipitation of the plutonium and lanthanum sulfates: oxidation precipitation of the double sulfates, precipitation of hydroxides, oxalates, carbonates, and ether purification. The purified intermediate plutonium compounds were chlorinated. The metallic plutonium was obtained by reducing of the chlorides (Pozharskaya 1994).

The plant was still unfinished at the beginning of 1949 so a temporary plant. «Shop №. 9», was set up. In August 1949 all production was transferred to the specially designed buildings (Holloway 1994, p. 189). In the middle of April plutonium dioxide was produced and transferred to the metallurgical department where it was converted into metal and by June enough plutonium for the first atomic bomb had been obtained. The plutonium hemispheres were made at the metallurgical plant in August, 1949. These hemispheres were the core of the first Soviet atomic bomb which was detonated at the Semipalatinsk Test Site on August 29, 1949.

All work in the plant was carried out without safety regulations (the first Temporary Technological Instruction was adopted in May 1949) and demanded the concentration of the forces of all participants.

So the first stage of creation of the Soviet atomic industry came into an end in this way. The experience and knowledge that had been gained at this stage formed the basis for its further development.

ACCIDENTS AND RELEASES

There are five main reasons for past and present health problems and present nuclear contamination situation in the Chelyabinsk region.

The first was caused by working condition in the reactor, radiochemical plant, and metallurgical plant during the first years, 1949- 1956, of operation. Workers were subjected to high radiation doses which caused direct health effects.

The second is dumping of nuclear waste for more than three years starting in 1949, and on a smaller scale for several years after that, straight into a river, Techa, which flows through densely populated areas. Along the river lived 124,000 who were exposed to very high levels of both external and internal radiation (Figure 2).

The third is an explosion in a storage tank in 1957. More than 20 million curies of radioactive material was blown up as a plume to a height of 1 km and settled over an area of 20,000 km^2. Additional, but on a relative scale minor, contamination was caused by a dust storm, which in 1967 spread radioactive dust from the shores of Lake Karachay.

The fourth is Lake Karachay, into which waste was dumped starting in 1952 when it became obvious that dumping into Techa had to be stopped. This small lake now contains approximately 120 MCi.

The fifth is a cascade of reservoirs which has been constructed along river Techa to prevent radionuclides from the sediments and water basins along the upper reaches of the river to enter the stream and add to the radiation load the population already suffers from.

The Mayak combine, as all plutonium production facilities in the world, has suffered from its fair share of accidents.

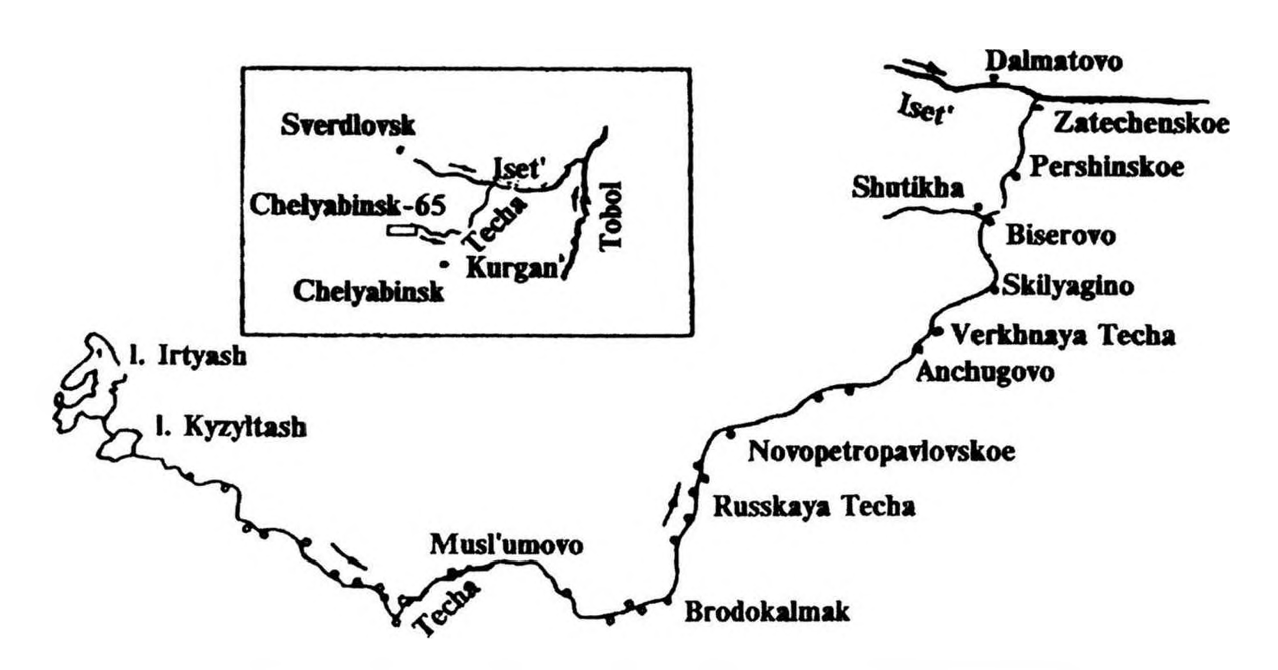


Figure 2. Shematic map of Techa — Iset' — Tobol rivers system
o — evacuated villages

A 1995 report prepared by the United States Government Accounting Office (United States General Accounting Office 1995) indicates that at least 221 nuclear facilities — other than civilian nuclear power reactors — operate in the former Soviet Union. These facilities cover a range of activities, such as (1) mining, milling, and processing uranium ore, (2) producing enriched uranium; (3) producing and processing nuclear materials and nuclear fuel; (4) assembling nuclear weapons, and (5) disposing of and storing nuclear waste. Because of their design and age there is a fair amount of risk to the environment associated with their continuing use.

In reprocessing activities during 1954 parts of a building and equipment were destroyed. In 1958 there were three fatalities and one case of radiation sickness. In 1959 equipment damage was reported. In 1962 an explosion destroyed processing plant pipelines. In 1968 in reprocessing activity one fatality was reported and one case of severe radiation damage requiring amputation of the victim's legs. In 1984 reprocessing equipment exploded. In 1987 during waste vitrification processing an electrode in a ceramic melter failed and the contents spilled on the building floor. The furnace was subsequently decommissioned in 1987. In 1990 in reprocessing activity the equipment exploded. Two men received chemical burns and one died. In 1993 two technicians were irradiated. In 1993 plutonium gases were released by the reprocessing plant's ventilation system. There were no injuries. Low level radioactive water in a water pumping station escaped and contaminated approximately 100 square meters. In 1994 while reprocessing fuel a spent rod's protective coating caught fire and a small amount of radioactive gas was released. The USGAO report suggests that this may not be a complete listing of accidents.

According to a Russian journal, on April 21, 1957, a self-sustaining chain reaction took place in a highly enriched uranium-nitrate solution. Six persons were injured, the accident rated 4 on the INES scale. On October 2, 1958, another self-sustaining chain reaction occurred which was rated 4 on the INES scale. On February 11, 1976, a container containing complex fluids exploded leading to destruction of large parts of the plant. The accident was rated 3 on the INES scale (Energija 1994).

The river Techa, the explosion in 1957, and the dust storm 1967 caused widespread contamination of inhabited areas and health effects which lead to evacuations and other actions. Table 1 summarizes these effects and actions.

Table 1.

Effects of contamination incidents

	River Techa	Accident 1957	Dust storm 1967
Activity released, Ci	3,000,000	20,000,000	600
Path of contamination	aqueous	aerial	aerial
Exposed population	124,000	272,000	42,000
with Population dose > 5 mSv/year	28, 100	20,000	none
Area (km^2) with contamination density > 0,1 Ci/km^2 and Ise't appr. 1.0	Flood lands of Techa	23,000	2,700
Area of quarantined land	8	106	none
Maximum value of equiv. dose to RBM	3.0 – 4.0	0.9	0.003
Evacuated population	7,500	11,000	none

ACKNOWLEDGEMENT

The research which this paper is based on has partly been supported by the Alton Jones Foundation and the US Department of Energy.

REFERENCES

1. Cochran, T. B. and R. S. Norris (1992). Soviet Nuclear Warhead Production, Natural Resources Defense Council
2. Analysis of Safety Violations and Accidents. Energija, A. (1994).14: 268-269.
3. Gladyshev, M. V. (1992). Plutonium for atomic bomb: the director of Plutonium plant recollects: Chelyabinsk-65.
4. Holloway, D. (1994). Stalin and the Bomb: the Soviet Union and Atomic Energy 1939-1956, Yale University Press.
5. Kruglov, A. K. (1993). «To the history of atomic science and industry.» Bull. CPI 10: 39-74.
6. Kruglov, A. K. (1993). «To the history of atomic science and industry.» Bull. CPI 8: 56-67.
7. Merkin, V. I. (1988). A decisive experiment of Kurchatov. The reminiscences about Igor' Vasilyevich Kurchatov. Moscow, Nauka: 267-282.
8. Popov, V. K. and Merkin, V. I. (1995). Creation and Development of the First Soviet Nuclear Industrial Complex in the Southern Urals, International Institute for Applied Systems Analysis (background report for this study).
9. Pozharskaya, M. E. (1994). The first plutonium specimens preparation. Pages of history of VNIINM. The recollections of laboratories, Moscow, TsNIIAtominform.
10. United States General Accounting Office, W., DC (1995). Nuclear Safety Concerns with Nuclear Facilities and Other Sources of Radiation in the Former Soviet Union: Report to the United States Senate.

СЕКЦИЯ 7

ПОЛИТИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА

Ведущие — В.Б. Адамский, Ю.В. Линде
Ученые секретари — В.Б. Бруданин, Р.З. Гайнуллин

АТОМНАЯ ПРОБЛЕМА В МЕЖСОЮЗНИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЯХ

Мальков В.Л

Через год после Хиросимы, выступив летом 1946 г. в малотиражном печатном органе Пенсильванского университета, Роберт Оппенгеймер поверг многих американцев в тревожное изумление своим исповедальным по тону заявлением: «Известно, — писал он, — что многие из тех, кто был занят в грандиозных атомных проектах, надеялись, что создать атомное оружие невозможно. Я не разделял этой надежды, ибо знал, что человек в своем поведении руководствуется недоверием к себе подобному».

Не будем касаться моральной стороны этого вопроса — злокозненность как повивальная бабка человеческого гения. Оставим его биографам Оппенгеймера. Нас должно интересовать другое, а именно: если вплоть до июля 1945 г., до испытания в Аламогордо не было никакой уверенности, что атомная бомба «сработает», то оправдана ли в этом случае постановка темы, обозначенной в названии доклада. Кто-то может сказать, что для политиков это и подавно было вроде игры с воображаемыми предметами. Этюды в театральной студии, не более того. Такие разные, но серьезные люди, какими были Рузвельт, Черчилль и Сталин, по определению не могли делать из фантома, миража повод для раздоров перед лицом общей угрозы, воюя с нацизмом. Для подспудно назревавших конфликтов «холодной войны», казалось, были поводы поважнее и неоспоримо — реальные (второй фронт, польский вопрос, Прибалтика и т.д.).

Однако, в жизни все было почти с точностью до наоборот. Оказалось, что лидеры «Великой коалиции» все как один оставались такими же скептиками в отношении человеческой природы, как и отец атомной бомбы, и, стало быть, не верили в вечный мир. Атомное оружие находилось еще в математических формулах и чертежах, а вокруг него уже завязывалась драматическая интрига, масштабы которой и сейчас трудно до конца определить из-за недоступности всех материалов как с той, так и с другой стороны. Это не противоречит тому, что о многом известно, включая активизацию советской научно-технической разведки на самых ранних этапах развития атомного проекта в Англии и США. Однако по понятным причинам вплоть до начала 1942 г. информация, поступавшая в Москву по каналам разведки, не вызывала серьезной реакции. Но вслед за тем, с появлением записки Берии на имя Сталина в марте 1942 г. советское политическое руководство ставит атомную проблему в число особо значимых пунктов своей политики в отношении союзников. Разумеется, ничто (ни в ходе переговоров, ни в ходе дипломатической переписки) не выдавало его заинтересованности, беспокойства или подозрительности именно по этому поводу. Всегда находились другие, вполне осязаемые причины.

Западные союзники стремились действовать в том же духе, но характер двусторонних отношений между Вашингтоном и Лондоном предполагал юридическое закрепление определенных согласованных решений, рассчитанных на перспективу. И вот в этом пункте сама собой возникает необходимость концептуального оформления стратегической линии Запада в атомном вопросе. Она воплотилась в формуле «2+1» или иначе — Москва ничего не должна знать об атомном проекте. Неожиданно бомба, еще не родившись, отбросила густую тень на межсоюзнические отношения. Существует по крайней мере три ключевых эпизода, в которых атомный фактор заявил о себе в качестве встроенного «агента влияния» в системе коалиционной политики, вызывающего ее эрозию и распад.

Первый связан с так называемой конференцией «Трайдент» (конец мая 1943 г., Вашингтон), на которой Рузвельт и Черчилль обсудили широкий круг вопросов, включая проблему будущего атомного оружия в связи с новой расстановкой сил в послевоенном мире, контуры которого после Сталинграда можно было уже спрогнозировать. Не удивительно, что Черчилль и лорд Черуэлл (советник премьера по науке) поделились с Рузвельтом своим пониманием преимуществ сохранения Англией и Соединенными Штатами атомной монополии как средства, уравновешивающего неминуемо возрастающее влияние СССР в послевоенном мире. На Квебекской конференции в августе 1943 г. (после провала операции вермахта «Цитадель» и победы Красной Армии в Курском сражении) между Вашингтоном и Лондоном окончательно была достигнута договоренность (зафиксированная формально) о недопустимости передачи информации об атомном проекте «третьим странам». Легко обнаружить в этом проявление наивности, наподобие той, что привела к Пёрл-Харбору. Обнародованные в США в последнее время радиоперехваты «Венона» по крайней мере позволяют говорить, что Сталин мог знать об этом соглашении. Отметим, что 22 августа 1943 г. в дни Квебекской конференции Сталин

направил Рузвельту и Черчиллю послание, в котором выражал несогласие с решением политических вопросов союзниками без его участия, употребив слово «сговор». Хотел ли он тем самым осудить метод достижения за его спиной решений об открытии второго фронта в 1944 г. и о судьбах Италии или намекал на нечто большее, на атомные секреты — на этот счет сейчас пока трудно дать определенный ответ. Хотя второе предположение в свете некоторых косвенных данных может показаться предпочтительнее.

Второй эпизод — это одновременно и история знаменитой «Памятной записки» Рузвельта и Черчилля, принятой совместно на беседе с глазу на глаз без советников в Гайд-Парке 18 сентября 1944 г. Документ говорил о твердом намерении США и Англии использовать атомное оружие против Японии и одновременно о строжайшем запрете на информацию о «Манхэттенском проекте» для Советского Союза. Версия о том, что он мог остаться неизвестным Кремлю, как-то теряет свою убедительность, если принять во внимание, что советская разведка была в целом хорошо осведомлена о повестке дня Квебекской встречи и сопутствующих ей событиях. Необдуманность и неосмотрительность предпринятого Рузвельтом и Черчиллем шага (в части, касающейся Советского Союза) фактически признавалась в ряде последующих заявлений причастных к «Манхэттенскому проекту» советников президента и премьер-министра. Отголосок этой критики и этих сомнений слышится в ряде документов, вышедших из-под пера Г. Стимсона, В. Буша и Дж. Конанта после сентября 1944 г. Буш, чтобы как-то переломить ситуацию, даже пытался склонить Рузвельта и Стимсона к идее обсуждения на предстоящей встрече «Большой тройки» в Ялте проблемы контроля над атомным оружием. Другой, на этот раз неформальный, советник президента Александр Сакс предлагал даже разработать комплекс «мер доверия», решительно отказавшись от идеи информационной блокады Советского Союза и других союзных стран. Настойчиво, с риском для собственной репутации, с лета 1944 г. того же в сущности добивался и «великий датчанин» Нильс Бор.

Очень серьезный шанс для выработки совместной политики в атомном вопросе, как нам сейчас видится, представился в дни работы Ялтинской конференции. Сидевшие за круглым столом в Ливадийском дворце лидеры трех держав были осведомлены о самом большом секрете Второй мировой войны. Улыбки и дружественные рукопожатия маскировали внутреннее напряжение, тревогу. Накануне конференции Рузвельт остро ощущал груз накапливающегося потенциала недоверия между Москвой, с одной стороны, и Вашингтоном и Лондоном — с другой. Несомненно, атомная проблема была одним из его источников. Президент обдумывал различные варианты решения этой проблемы. Времени оставалось крайне мало, но не было и полной уверенности, что первые испытания пройдут успешно. Стоило ли быть откровенным в этом случае? Но так или иначе, Ялтинская конференция, ее успешное завершение становились звеном в этом процессе обдумывания неотвратимого решения, способного стать поворотным (в том или ином смысле) для послевоенного урегулирования. Ялтинский эпизод способен бросить дополнительный свет на извечный вопрос, какими могли бы стать отношения великих держав, если на

заключительном саммите в Потсдаме союзники встретились бы в прежнем составе. Конечно, в этом отношении могут быть высказаны разные, в том числе и прямо противоположные, суждения, но в любом случае они навсегда сохранят свой чисто спекулятивный характер. История выбрала свой путь, и все же существует достоверное свидетельство, что в Ялте Рузвельт обдумывал возможность посвящения Сталина в тайну S-1, но решительные возражения Черчилля (который был буквально в шоке) вынудили его отказаться от этого шага.

Правда, как некую проекцию этих настроений президента следует, по-видимому, воспринимать позицию его военного министра Г. Стимсона и, в особенности, бывшего вице-президента Г. Уоллеса, которые после августа 1945 г. публично выступили за более гибкий курс в атомном вопросе, чем тот, которому с апреля 1945 г. был привержен Г. Трумэн. Кстати, последние исследования американских историков показывают, что у того же Уоллеса были серьезные шансы остаться на посту вице-президента США после выборов 1944 г. В отличие от Трумэна, Уоллес с самого начала был приобщен к «Манхэттенскому проекту». Таким образом, можно говорить об альтернативе возобладавшей линии.

Май 1945 г. — рубеж в скрытой от поверхностного взгляда атомной политики обеих сторон. В Вашингтоне и Лондоне с этого момента было покончено с раздумьями и в целом возобладал жесткий подход. Одновременно в Советском Союзе завершился «организационный период», и Кремль утратил в значительной степени интерес к откровенным разговорам по атому.

А.Д. САХАРОВ — СОЗДАТЕЛЬ СОВЕТСКОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ. ПРОБЛЕМА ОТВЕТСТВЕННОСТИ УЧЕНОГО ЗА СОХРАНЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Альтшулер Б.Л.

«САМАЯ СТРАСТНАЯ МЕЧТА»

Вряд ли найдется человек, который объявит военным преступником Архимеда, изобретавшего хитроумные орудия убийства, чтобы спасти от врага родные Сиракузы. И я не думаю, что достойны серьезного обсуждения такого типа обвинения (исходящие, как правило, от людей гуманитарного склада ума) в адрес создателей советского либо американского ядерного оружия, в том числе в адрес Андрея Дмитриевича Сахарова.

Разумеется, создание вооружений, способных уничтожить всю человеческую цивилизацию, есть переход к новому качеству в смысле нравственных оценок и личной ответственности. Но и здесь есть контраргумент, который всегда приводил Сахаров в ответ на вопросы типа: «Не мучает ли Вас совесть?». Он говорил, что создание советского ядерного оружия, восстановив мировое равновесие, предотвратило катастрофу.

Существенно, однако, и я это покажу методом цитирования, что, приводя подобную самоутешительную и объективно вполне разумную аргументацию, Андрей Дмитриевич не успокаивался, не обретал душевного равновесия: «В то время, когда я занимался этими вещами, мы все были убеждены, что наша работа необходима для создания мирового равновесия. И вот сорок лет войны нет. Но я каждую минуту своей жизни понимаю, что если все же произойдет это величайшее всеобщее несчастье — термоядерная война — и если я еще буду иметь время о чем-то подумать, то моя оценка моей личной роли может трагически измениться». (Из интервью корреспондентам «Литературной газеты» Юрию Росту и Олегу Морозу в январе 1987 г. ([1], стр.320)).

В «Воспоминаниях» Сахаров пишет, какое впечатление произвела на него личная трагедия Роберта Оппенгеймера, который плакал после успешного уничтожения Хиросимы и Нагасаки. Советским ученым-ядерщикам в этом смысле «повезло» — их бомбы ни разу не сбрасывались на города. А это немаловажно,

если речь идет о нравственной самооценке. Сахаров всегда остро чувствовал личную ответственность, сознавал, что окончательный вердикт (Чей? Господа Бога???) зависит от конечного результата — будет все-таки или не будет ОНО — ЕГО ОРУЖИЕ — причиной массового убийства. «Сегодня термоядерное оружие ни разу не применялось против людей на войне. Моя самая страстная мечта (глубже чего-либо еще) — чтобы это никогда не произошло ...» ([2], стр.142).

Вместе с тем, анализ сложных психологических, нравственных переживаний — пусть даже такого уникального человека как А.Д. Сахаров — не является нашей главной темой. В конце концов, в этих вопросах так много произвольного, в принципе не поддающегося объективной оценке. Главная цель этого доклада в другом: показать, как субъективные переживания Сахарова превращались, трансформировались в конкретные действия, направленные к ослаблению опасного противостояния, — и мы знаем, что цель была достигнута: человечество сделало шаг от края термоядерной пропасти. Когда ученые — создатели средств массового уничтожения, думая только о ДЕЛЕ, сохраняют полное душевное равновесие в отношении возможных трагических последствий своих усилий, когда они совсем «не переживают», — это очень опасно. Но «переживать», как говорят математики, «необходимо, но не достаточно». Другое дело, если результатом этого душевного беспокойства становятся конструктивные и, в конце концов, плодотворные действия. Вот этому у Сахарова надо учиться. А учиться не просто, потому что нет здесь стандартных правил и рецептов. А значит, кроме эмоций, надо еще обладать по-сахаровски ясным, творческим умом.

«НЕ ЗА СТРАХ, А ЗА СОВЕСТЬ»

Поворотным — в смысле осознания страшной ответственности — был для Сахарова его конфликт с М.И. Неделиным. После успешного испытания водородной бомбы 22 ноября 1955 года в ответ на тост Сахарова («Я предлагаю выпить за то, чтобы наши изделия взрывались так же успешно, как сегодня, над полигонами, и никогда — над городами»), руководитель испытаний маршал Неделин рассказал «полунеприличную, полубогохульную» — так пишет А.Д. в «Воспоминаниях» ([2], стр.270) — притчу о старике, который перед иконой с лампадкой молится «направь и укрепи», а старуха с печки: «Ты, старый, молись только об укреплении, направить я сама сумею!» ... «Я весь сжался, как мне кажется, побледнел», — пишет Сахаров, — «прошло много лет, а до сих пор у меня ощущение, как от удара хлыстом ... маршальская притча не была шуткой ...» Говоря о простом смысле «шутки» — пусть создатели вооружений не лезут не в свое дело, в вопросы его использования — Сахаров добавляет: «Понимать я это понимал и раньше ... Но одно дело — понимать, а другое — ощущать всем своим существом, как реальность жизни и смерти». Чрезвычайно важны и интересны комментарии Сахарова к этому эпизоду, сделанные в интервью 1987 года:

«Я не то, что его (Неделина — Б.А.) упрекаю. Я это рассматриваю как констатацию факта. Каждый в таких случаях действует со своей колокольни.

Эта история очень глубока на самом деле. Потому, что речь идет не лично о маршале Неделине, не о том, что он людоед, а я голубь. Речь о том, что эти проблемы действительно очень трагичны. И ответственность — всеобщая. И ответственность эта не может быть переложена на тех, кто «направляет». Те, кто «направляет», делают это по заказу своей профессии. Тут дело не в личных качествах, а дело в системе. И в том, что в таких вопросах, как большая термоядерная война, есть всеобщая личная ответственность. Неделин этого не понимал. А я это обязан понимать. И не только я, а очень многие. Все обязаны».([1], стр.324).

«Чувство опасности», — об этом необходимом качестве рассказывают инструкторы альпинизма новичкам, без него нельзя ходить в горы. Трагический конец в 1960 году маршала Неделина — это страшный символ. Будучи руководителем испытания межконтинентальной баллистической ракеты, он пренебрег сигналами автоматики о неисправности и приказал продолжать работу по подготовке ракеты к старту; неожиданно заработали двигатели. Вместе с Неделиным и по его вине сгорели 190 человек ([2], стр.272). Не обладал Митрофан Иванович чувством опасности, элементарного здравого самосохранения; о выживании человечества, тем более его «империалистической» половины, мы тут умолчим, в общегуманистических категориях люди типа Неделина вообще не мыслят. Ужас в том, что, как правило, именно люди такого психологического склада оказываются теми, кто «направляет», принимает решения по использованию вооружений, создаваемых учеными и конструкторами. Конфликт с маршалом Неделиным произошел в 1955 году, с этого началась мучительная эволюция взглядов Сахарова. Мучительная — потому, что так, как верили в те годы, потом уже никогда не верили. И невозможно это объяснить тем, кто пришел в наш мир позже.

Ученые специальной группы работали тогда с полной отдачей, с ощущением провиденциальности их миссии: отвести от нашей страны угрозу американского ядерного удара. Об этом пишет также и мой отец — Лев Владимирович Альтшулер, участник проекта с 1946 года, — он делал атомную бомбу. Цитирую: «Вспоминаю 1946 год. Иду по Москве со знакомым военным, командовавшим в годы войны артиллерией корпуса. Яркий солнечный день. Он смотрит на идущих москвичей и неожиданно произносит: «Гляжу на них и на моих глазах они превращаются в тени людей, испарившихся в пламени атомного взрыва».» [3]. Так же чувствовал и Сахаров:

«...Все это разворачивалось на фоне, определявшемся еще очень свежей памятью о страшной войне, только что завершившейся. Я в той войне не участвовал, и теперь тут была моя война. Как бы война ...» (Из интервью газете «Молодежь Эстонии», 11 октября 1988 года). О своих чувствах в тот период, когда создавалось оружие, Сахаров очень ярко и наглядно написал в «Воспоминаниях». Эти мемуары, конечно же, в определенном смысле исповедь, в какие-то моменты достаточно беспощадная к самому себе. Вспомним его письмо жене К.А. Вихиревой сразу после смерти Сталина: «Я под впечатлением смерти великого человека. Думаю о его человечности.» Далее А.Д. пишет: «Очень скоро я стал вспоминать эти слова с краской на щеках».

А эпизод 1961 года с идеей атомной мины. Сахаров думал, каково может быть применение сверхбомбы, только что взорванной над Новой Землей. Цитирую:

«Расскажу тут некую, оставшуюся «на разговорном уровне», историю. Она важна для характеристики той психологической установки, которая заставляла меня проявлять инициативу даже в тех вопросах, которыми я формально не был обязан заниматься, и вообще работать не за страх, а за совесть. Эта установка продолжала работать и тогда, когда по ряду вопросов я все больше отходил от официозной линии. Конечно, в основе ее лежало ощущение исключительной, решающей важности нашей работы для сохранения мирового равновесия в рамках концепции взаимного устрашения (потом стали говорить о концепции взаимного гарантированного уничтожения)» ([2], стр.308).

Далее я кратко пересказываю. Идея атомной мины — взорвать сверхбомбу под водой вблизи побережья, чтобы гигантское цунами смыло все порты, все прибрежные города противника. Сахаров пишет:

«Одним из первых, с кем я обсуждал этот проект, был контрадмирал Ф. Фомин ... Он был шокирован «людоедским» характером проекта, заметил в разговоре со мной, что военные моряки привыкли бороться с вооруженным противником в открытом бою и что для него отвратительна сама мысль о таком массовом убийстве. Я устыдился и больше никогда ни с кем не обсуждал этого проекта». (Конец цитаты).

Добавлю, что, по-видимому, еще до разговора с Фоминым, в процессе первоначального обдумывания идеи, Андрей Дмитриевич рассказал о ней и моему отцу, предложив подключиться к этой работе. Отец отказался, добавив, что когда речь идет о таком количестве жертв, то ему все равно, какой в этой стране строй — реакционный или прогрессивный, — в общем, как и контрадмирал, занял, так сказать, пацифистскую позицию. Вот такой психологический парадокс — я говорю о Сахарове. Впрочем, ничего удивительного тут нет: империализм США, самая реакционная, исторически обреченная общественная формация угрожает нашей социалистической Родине страшным оружием; отвести беду, запугать зверя — разве это не священный долг? Страшная вещь — святая вера, и какими намерениями вымощен ад? И когда 14 лет спустя, в 1975 году А.Д. писал в своей Нобелевской лекции о глобальной опасности любой идеологии, то для него это были не абстрактные слова, а вывод, основанный на личном, очень трудном, духовном опыте.

«Очень скоро я изгнал из этого мира Сталина ... Но оставались государство, страна, коммунистические идеалы. Мне потребовались годы, чтобы понять и почувствовать, как много в этих понятиях подмены, спекуляции, обмана, несоответствия реальности ... Потом я уже рассматривал наше государство на равных с остальными: дескать, у всех есть недостатки — бюрократия, социальное неравенство, тайная полиция... Это — то, что можно назвать теорией симметрии ... И, наконец, уже в свой диссидентский период я пришел к выводу, что теория симметрии тоже требует уточнения. Нельзя говорить о симметрии между раковой и нормальной клеткой. А наше государство подобно именно раковой клетке — с его мессианством и экспансионизмом, тоталитарным подавлением инакомыслия, авторитарным строем власти ...» ([2], стр.229).

И все-таки Сахаров — это, в первую очередь, неустанная ежесекундная работа мысли. Перечислив отрицательные свойства нашей «раковой клетки», он добавляет: «Но какая-то (и большая) доля истины есть и в ней («теории симметрии» — Б.А.). Истина всегда неоднозначна. Какие выводы из этого следуют? Что надо делать нам здесь (т.е. в СССР) или там (т.е. на Западе)? На такие вопросы нельзя ответить в двух словах, да и кто знает ответ?... Надеюсь, что никто — пророки до добра не доводят. Но, не давая окончательного ответа, надо все же неотступно думать об этом и советовать другим, как подсказывают разум и совесть. И Бог вам судья — сказали бы наши деды и бабушки» ([2], стр.230).

И Сахаров думал и всегда поступал «не за страх, а за совесть», строго в соответствии со своими убеждениями — и когда создавал ужасное оружие и позже, когда осознал, что права человека — это внеидеологический инвариант, способный объединить всех честных людей на Земле, когда заступался за узников совести, когда открыто выступал против внешнеполитических авантюр советского руководства.

«ПРИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОСКОВСКИХ ЧИНОВНИКОВ»

Сахаров был одним из первых, кто осознал гигантское политическое влияние советского военно-промышленного комплекса (ВПК), создаваемую этим комплексом глобальную угрозу. «Страшное подозрение невольно закрадывается в душу, рисуется схема того, что при такой оборонной системе (планы соглашения Брежнева — Никсона об ограниченной ПРО, предполагающей защиту от возможного ядерного удара только двух главных городов СССР и соответственно США — Б.А.) большая часть территории и населения страны приносится в жертву соблазну получить решающее преимущество первого ракетно-ядерного удара при относительной безопасности московских чиновников». (Книга «О стране и мире», 1975, см.[4], стр.125). Сахаров, как никто другой, представлял масштабы советского ВПК — этого сверхзасекреченного «монстра», «носорога в лодке» (в терминологии современных газетчиков) — понимал механизмы принятия в СССР военно-стратегических решений, особый тип людей в этом процессе участвующих, и не имел тут иллюзий. Невозможно понять общественную деятельность Сахарова вне контекста советской военной угрозы.

Сделаю краткое историческое отступление личного порядка. В 1971 году мы с моим другом, математиком Павлом Василевским, временно переквалифицировались в политологов-экономистов и написали статью «Распределение национального дохода (НД) СССР» [5], в которой показали (на примере 1969 года), что доля военных расходов (ВР) в НД СССР составляет фантастическую цифру (40-50%). В США в 1969 году соответственно — 10,7%; опубликованные данные ЦРУ того времени давали долю ВР в НД СССР 17%, т.е. занижали ее по сравнению с истинной в 2-3 раза. Я говорю «истинной»,

потому что публикуемые сегодня данные о феноменальном уровне милитаризации экономики бывшего СССР подтверждают наши оценки 1971 года. («На ВПК прямо или косвенно по-прежнему «завязано» около 80% промышленности РФ, 70% ее населения, 12 млн. лучших научных, технических, управленческих, рабочих и иных кадров». — Из редакционной статьи «Трудный альянс с оборонкой», «Финансовые Известия», 19 апреля 1994 г., стр.4). Далее цитирую из [5]:

«1969 год вполне типичен. Способность постоянно в мирное время поддерживать такую долю текущих военных расходов ... — явление НЕБЫВАЛОЕ В МИРОВОЙ ИСТОРИИ. Здесь наглядно видна необычайная, вызывающая восхищение, мощь нашего социального строя в доле мобилизации внутренних ресурсов... В военном отношении мы живем явно не по средствам. Почему? Гигантские военные затраты не нужны для обороны страны. Более того, в долгосрочном плане, замедляя экономический рост, они отрицательно сказываются и на военном потенциале. Они имеют смысл лишь для получения немедленных политико-стратегических результатов и, очевидно, отражают стремление играть все большую роль на мировой арене. При этом, конечно, желают избежать глобального конфликта, но стремятся быть к нему готовыми, притом в ближайшее время. Такая игра имеет свою еще не изученную логику, и результаты трудно предвидеть...» Один экземпляр статьи [5] я дал Андрею Дмитриевичу. Было это, кажется, в декабре 1971 года. Через пару дней мы встретились на семинаре в Физическом институте, и на мой вопрос о статье Сахаров ответил: «Я рад за тебя». Это была, конечно, высшая похвала. Уверен, что для Андрея Дмитриевича наши изыскания не были откровением.

«Мобилизационное общество», предельно напряженные мускулы, готовность к прыжку — это, увы, не слова. Еще в начале 60-х была сформулирована «Стратегия Соколовского»: «...В самом же Генеральном Штабе в тот период бытовали такие представления: жизнь поставила нас перед выбором — или наступление, или поражение». (см. В.В. Ларионов, «Атомное оружие и политика спустя 46 лет после Хиросимы», «Независимая газета», 6 августа 1991 год). Снова и снова возникающие кризисы, некоторые из них подводили мир на край ядерной пропасти: берлинский, карибский. (Знающие люди говорят, что были и другие моменты, когда конца света удалось избежать по чистой случайности. Но тут у меня данных нет; эта чрезвычайно интересная тема требует специального исследования, в том числе доступа ко всем архивам). Крайнее перенапряжение сил, «перегрев реактора», отсутствие должной «защиты от дурака» (вспомним Чернобыль) привели к сильной нестабильности всей системы. Бешеная гонка, навязанная стране и миру, ставший самоцелью процесс подготовки к большой войне угрожали всеобщей ядерной катастрофой. И, кто знает, может быть тем бы и кончилось, если бы не Сахаров, чей голос достигал (а это само по себе уникально) высших сфер политической власти ядерных сверхдержав.

В середине 70-х СССР начинает качественно новый виток ядерной гонки — ставит на колеса сотни ракет с ядерными боеголовками (мобильные, средней дальности), каждая из которых способна уничтожить Париж или Лондон.

В 1983 году в письме Сиднею Дреллу «Опасность термоядерной войны», с величайшим трудом вывезенном Еленой Георгиевной Боннэр из Горького, Андрей Дмитриевич с полной ответственностью за каждое слово призвал Запад догнать СССР в обычных вооружениях, реализовать «двойное решение НАТО», призвал Конгресс США выделить деньги на шахтные ракеты MX: «Запад на этих переговорах (о ядерном разоружении — Б.А.) должен иметь, что отдавать. Насколько трудно вести переговоры по разоружению, имея «слабину», показывает опять история с «Евроракетами»...» ([4], стр.212). В сущности он тогда чрезвычайно эффективно и этим письмом, а может быть, еще сильнее жертвенными голодовками, поддержал Рональда Рейгана в его борьбе с «империей зла», защитил Рейгана от нападок влиятельных, но и патологически наивных американских миролюбивцев-либералов. А в результате Рейган оказался на Красной площади, и маховик ядерной гонки все-таки был остановлен. Такова диалектика, которую Сахаров хорошо понимал и многое предвидел. Ну, а как его тогда не понимали, не говоря уже о травле официальной, известно достаточно хорошо. Он действительно лепил, создавал реальность, новую реальность из идей, из нравственных императивов. Жизнь Сахарова — это поистине наглядная иллюстрация библейского «Вначале было Слово», или, может быть, иначе: «Вначале было движение души».

«ВПЕРЕД К ПОБЕДЕ ВЕДОМСТВЕННОГО ФЕОДАЛИЗМА»

Научиться сахаровскому конструктивному подходу не просто. А научиться надо бы, так как жизнь идет вперед, еще не устранив полностью старые, создает новые глобальные угрозы. Ослабление государственных механизмов контроля за гигантскими запасами ядерных, химических вооружений существенно повышает вероятность распространения оружия массового уничтожения, использования его мировым терроризмом. Резко возросла и экологическая угроза, особенно в условиях злоупотребления секретностью, недопущения независимого контроля. Казалось бы, достаточно одного Чернобыля, всего того преступного обмана, замалчивания, последовавших за катастрофой, чтобы раз и навсегда отказаться от секретности в этих вопросах. Но хотя очевидность эта зафиксирована и статьей 42 Конституции РФ, и законом «О государственной тайне», но узко ведомственные интересы снова и снова берут верх.

10-летие Чернобыльской катастрофы наша страна встретила саммитом «7 плюс 1» по вопросам ядерной безопасности (Москва, апрель 1996 г.), а также разгромом органами ФСБ Санкт-Петербурга штаб-квартир норвежской экологической организации «Беллуна» и арестом 6 февраля и обвинением в измене Родине ее российского сотрудника Александра Никитина. «Беллуна», легально действующая в нашей стране с 1989 года, готовила для московского совещания на высшем уровне доклад об угрозе России, Норвегии, всему Северо-Востоку Европы со стороны атомных установок, хранилищ радиоактивных отходов и реакторов списанных атомных подводных лодок Северного Флота РФ. Капитан 1 ранга в отставке, в прошлом специалист по ядерной безопасности МО РФ

Александр Никитин участвовал в написании главы об авариях и катастрофах на атомных подлодках. И хотя засекречивание таких сведений прямо запрещено статьей 7 Закона РФ «О государственной тайне», эксперты Генерального Штаба и Северного Флота, ФСБ и Прокуратура Санкт-Петербурга обвинили Никитина в «разглашении», «шпионаже в пользу иностранной экологической организации». Александр Никитин работал, чтобы предотвратить нависшую над Северо-Востоком Европы угрозу сотен Чернобылей, а вышеупомянутые органы «работают», чтобы жестоко наказать его за это. Добавлю, что «Эмнести Интернейшенел» официально объявила Александра Никитина УЗНИКОМ СОВЕСТИ.

Выступая 28 декабря 1988 года на Общем собрании Академии наук СССР, посвященном вопросам экологии, А.Д. Сахаров сказал: «В капиталистических странах вопросы производственной деятельности находятся в руках отдельных частных фирм. В СССР роль частных интересов играют ведомственные интересы, но от этого совсем не легче... Одной из задач перестройки является ограничение роли ведомств, создание альтернативных, независимых структур. От этого во многом будет зависеть и решение экологических задач» ([6], стр.335; [7], стр.331).

Так говорил Сахаров 8 лет назад, и хотя многое с тех пор изменилось, но угрожающий стране и миру ведомственный феодализм, может быть, только усилился. Конституция, законы, Президент — все бессильно. И снова, как и в прошлом, как всегда, противостоять всемогущим ведомствам способен только человек, личность, гражданин, осознавший свою персональную ответственность в деле предотвращения глобальных угроз. И хочется верить, что дело Александра Никитина окончится для спецслужб и военных ведомств столь же бесславно, как закончилось в 1994 году печальной памяти дело Вила Мирзаянова, не побоявшегося сказать «Иду на вы» российскому (в прошлом советскому) военно-химическому комплексу.

Вся история человечества — это демонстрация парадоксального феномена: поведение большой, очень большой системы (в том числе, возможно, и ответ на главный вопрос современной цивилизации «Быть или не быть?») может критическим образом зависеть от усилий отдельного человека. Андрей Дмитриевич Сахаров своей жизнью и деятельностью наглядно этот тезис подтвердил.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Андрей Дмитриевич», изд. «Терра», «Книжное обозрение», Москва, 1990.
2. Андрей Сахаров, «Воспоминания», «Права человека», Москва, 1996.
3. Л.В. Альтшулер, «Рядом с Сахаровым» в книге «Он между нами жил. Воспоминания о Сахарове», «Практика», ОТФ ФИАН, Москва, 1996.
4. А.Д. Сахаров, «Тревога и надежда», «Интер-Версо», Москва, 1991.
5. Б. Альтшулер, П. Василевский (А. Гольцов, С. Озеров), «Распределение национального дохода СССР», Ленинград, 1971 год; Мюнхен, Архив Самиздата, №1411.
6. «Академик А.Д. Сахаров. Научные труды», «Центр-Ком», ОТФ ФИАН, Москва, 1995.
7. «Сахаровский сборник», Сост. А. Бабенышев, Р. Лерт, Е. Печуро. М.: «Книга», 1991 (препринтное издание «Сахаровского сборника» 1981 года с приложением «Последние 10 лет»).

THE AMERICAN, GERMAN, AND SOVIET ATOMIC BOMBS

Walker M.

Fifty years after an atomic bomb was dropped on Hiroshima, the first efforts to create nuclear weapons remain a source of deep and sometimes bitter political controversy. The recently-opened exhibit at the Smithsonian Institution of the Enola Gay — the plane that dropped the Hiroshima bomb — demonstrates how divisive this anniversary is. The historians responsible for this exhibit originally intended to include both photographs of what the bomb did to the people and city of Hiroshima as well as a critical discussion of how and why the decision was reached to use the bomb. However, the final exhibit contains little more than the front two-thirds of the plane's fuselage.

For some Americans, including in particular conservative politicians and veterans' groups, mentioning what the bomb did to Japanese is taboo of the United States. Indeed there are two sides to this story. Whereas Hiroshima has remained strong in our collective memory, we often forget how bloody the Pacific theater was in the World War II, how costly the Japanese tactic of fighting to the death, and how understandably skeptical the political and military leadership, as well as the American public in general, were of the Japanese willingness to surrender. When seen in its historical context, the use of the first atomic bomb in Japan appears not only justifiable, but indeed inevitable. However, the political campaign against the Smithsonian exhibit, culminating in the forced resignation of the Museum director and the bowdlerized exhibit, was nevertheless censorship. The destruction caused by the Hiroshima bomb is taboo because it is difficult to argue that anything so destructive or motivated in part by a desire to intimidate the leadership of the Soviet Union could be noble.

The controversy surrounding the recent book by Pavel Sudoplatov and his implausible claims that Niels Bohr, Enrico Fermi, Robert Oppenheimer, and Leo Szilard all spied for the Soviet Union and thereby betrayed the West, highlights the theme of scientific espionage that has dominated the historiography of the Soviet bomb since the first Soviet device was exploded in 1949. In the West, this emphasis on espionage has clearly implied that the Soviet state succeeded with nuclear weapons only thanks to such «unfair» help; in turn, the Soviet side has responded with silence, denials, and misinformation with regard to espionage as well as all forms of foreign assistance.

For many in West, especially Americans during and since the Cold War, the idea that the Soviets were capable of matching the American achievement without help was taboo because communism simply could not measure up to American style capitalistic democracy; for the Soviets, other communists, and even some former Soviets today, it is taboo to argue or even imply that they received significant assistance because that would tarnish their achievement and call into question their conviction that communism was inherently superior to the capitalist West and that the fight to defend communism justified collaborating with or acquiescing in the excesses of Stalinism. In other words, recognizing that scientific espionage played an important role in the Soviet achievement can be seen as somehow cheapening it, and that is precisely what the two states in the Cold War either wanted or did not want so badly to do.

One of the types of foreign assistance that the Soviet used, but have systematically down played or denied, was a group of German «specialists» — scientists and engineers who either had worked on some aspect of applied nuclear fission during the war, or were capable of doing so. Indeed the German wartime research effort provided an importance to the nuclear arms race. The specter of Nazi nuclear weapons drove American and especially emigre scientists to set aside whatever misgiving they might have had and struggle to create the first atomic bombs. Similarly, the German development and use of rockets as weapons drove both the Soviet Union and the United States to master the same technology and combine it with nuclear weapons to create the nuclear-tipped intercontinental ballistic missiles which fueled the Cold War.

The German nuclear fission research project during World War II is perhaps the most enigmatic of the three national efforts, precisely because it did not succeed. Adolf Hitler and the rest of the National Socialists did not get nuclear weapons, and there is little doubt that they would have used them ruthlessly if they had, but why were there no Nazi nuclear weapons? Did the Germans not try, or did they try and fail? If they tried and failed, why did they fail? Was it because of lack of resources or time, because of mistakes, or because of sabotage?

A controversy surrounding the «German Atomic Bomb», and, in particular, whether scientists like Werner Heisenberg and Carl Friedrich von Weizsacker deliberately, actively, and effectively resisted Hitler by denying him nuclear weapons, continues unabated. Most recently, Thomas Powers has revived Robert Jungk's 1956 thesis that a group of German scientists around Heisenberg conspired to sabotage their research and thereby thwart Hitler. This theory, as both Jungk and von Weizsacker have recently publicized, is false. There was no such conspiracy. No one denied nuclear weapons to Hitler, or indeed to anyone else.

There are two taboos at work here as well. On the nonGerman, mainly American and emigre side, it is taboo to argue that these German scientists could have done highquality work, made no significant «mistakes», for the most part not want Germany to lose the war, yet nevertheless not deliver nuclear weapons into Nazi hands. Conversely, the Germans find it taboo to accept that these scientists worked very hard, performed well, reported their results immediately to the responsible military and political authorities (and often worked very hard as well in other ways for German victory). In other words, the Germans find it hard to accept that these scientists worked on weapons of mass destruction for the National Socialists while

Hitler's regime was carrying out one of the most murderous wars in human history, yet did not exhibit significant moral qualms until after the end of the war, indeed only after the announcement of the attack on Hiroshima. In this regard, it is historically interesting to note that the Germans behaved very similarly to their American and Soviet counterparts, for American scientists did not question the bomb until after it had been successfully tested, and Soviet scientists did not question their nuclear weapons until after they had provided them to their political leadership.

If one wants to judge any one of the nuclear weapons projects, then one needs some sort of standard. By comparing the projects, we can also examine the fundamental question of the effect which political ideology can have on science. In other words, were Nazi, Soviet, and American science different? Do political ideologies, including those as extreme as National Socialism and Stalinism, make a difference? The first nuclear weapons provide an especially good case study because there is a common time period, 1939 to the mid-1950s, common scientific and engineering problems, and the common contexts of World War II and the postwar era.

There is no need to ask why scientists started this research. The sensational and unexpected news of nuclear fission, coupled with the usual motivations of intellectual curiosity and professional ambition, got uranium research off to a running start. A more interesting question is, how did scientists in Germany, Great Britain, the United States, and (later in the war) the Soviet Union react when asked to join a military research project which aimed at establishing the feasibility of an atomic bomb? Their degree of enthusiasm and particular motivations varied, but most scientists saw it as a necessary and valuable service for their country or, in the case of the emigres, in the struggle against National Socialism. There were very few scientists who were asked to contribute to this national effort, but said no. Indeed, even under Hitler or Stalin, few scientists were forced to work on nuclear weapons. The exceptions are the German researchers who were forced to come to the Soviet Union after the war, and once there worked on fission research.

There are straightforward answers to why scientists started nuclear fission research, and why they continued under the auspices of military research project, but why did they carry their research through to the end? First of all, of course, the German scientists did not complete their work simply because Germany never developed nuclear weapons. However, in stark contrast to many self-serving postwar accounts of their research, they never stopped, slowed down, or diverted their work. Instead they only proceeded part of the way down the path towards controlling the economic and military applications of nuclear fission. They knew that their side could not produce nuclear weapons before the end of the war, and ironically they believed that they were ahead of their Allied counterparts before the news of Hiroshima shattered their feelings of superiority.

The Soviet researchers also had a clear motivation: catching up with the United States, which had already detonated an atomic bomb, and thereby breaking the American monopoly. As David Holloway demonstrates in his recent history of the Soviet atomic bomb, most Soviet scientists saw the nuclear weapons project as a continuation of the «Great Patriotic War» their nation had waged against Germany. Both the Soviet leadership and their scientists saw the American monopoly on nuclear weapons as a fundamental threat to their security.

The American case is more complex. Although the motivation and justification for beginning the military research was clear — the threat of Nazi nuclear weapons — the «Manhattan Project» did not stop or even slow down after the unconditional German surrender in the spring of 1945. The Japanese were still a threat, although they were now on the defensive. The scientists at the Los Alamos laboratory and elsewhere certainly wanted the war to end as soon as possible with an Allied victory. Most important, the project and its specific goals of producing a workable uranium 235 and plutonium bomb had developed considerable momentum. No one considered stopping just because the Third Reich was defeated, and it is very doubtful that the project would have ended if Japan had surrendered before a nuclear weapon was ready. Too much time, effort, and above all, resources had been invested not to carry it through to its completion.

A comparison of the technical achievements of the American, German, and Soviet projects, keeping in mind the relatively modest scale of the German work, demonstrates that all sides produced work of very high quality and that all three political ideologies — capitalist democracy, fascism, and communism — were capable of facilitating such research. The Americans were the first to try and thus had the hardest task. The Soviets matched their achievement, on the one hand with a little help, but on the other with much less to work with. The German military decided not to boost their nuclear research up to the industrial scale, but it is impossible to know whether the German state could have succeeded before the Allies won the war or the Americans built the bomb. On the one hand, the German state squandered huge resources on its rocket project, indeed money, materials, and comparable to what the Americans spent on the Manhattan Project. On the other hand, the scale and complexity of the American effort was enormous and its success remained in doubt up until the very end.

Thus the first nuclear weapons are about as good an example as one could wish for the argument that, in certain circumstances, political ideology may not matter much when it comes to science. All these regime were willing to enlist the aid of their apolitical scientists in order that they make terrible new weapons. Science can sometimes deliver sheer political and military power into the hands of a nation or its leaders, and in such cases even ideologues are sometimes willing to be pragmatic.

The public discussions of the first nuclear weapons often repress a fundamental truth: in extreme circumstances like World War II and under National Socialism or Stalinism, there are very few simple, straightforward answers to moral questions; instead we usually have to struggle with very difficult ones. The answers only seem clear-cut afterwards, which is why apologia and taboos are necessary.

Adapted from Mark Walker, «Die Entwicklung der Atombombe in America, Deutschland und der Sowjetunion», Physik in unserer Zeit 25, No. 6 (1995), 276-282.

THE «LOST» LOS ALAMOS SMYTH REPORT: HISTORICAL IMPLICATIONS

Kramish A.

During the final decade of his life, Professor Henry De Wolfe Smyth (1898 — 1989) and I collaborated on an expansion of his account [1] of the origins of the famous «Smyth Report». Globally published, the Report came to have profound implications. A most intriguing mystery was the fate of the «lost» Los Alamos chapter, which was not in Smyth's files. The most contentious part of the Report was Chapter XII: «The Work on the Atomic Bomb». The first draft was sent to J.R. Oppenheimer on February 1, 1945 [2].

Criticism of the draft chapter descended upon Smyth from several quarters, especially from Major General Leslie R. Groves, Director of the Manhattan Project, and from James Conant, his scientific advisor and from the Los Alamos scientists themselves. Smyth wrote to Oppenheimer: «Dr. Conant and the General also reported that you did not like the chapter as a whole but were unable to give any report of specific criticisms. Please do not hesitate to make them frankly and freely» [3].

Oppenheimer did not hesitate. A few days later, he dispatched a four-page [4] with specific objections. He stated his conviction that Smyth's draft «could not be regarded as an authoritative and complete history of this project; and I have recently come to feel that we have need for such a history for more than one reason.» That task was given to Hans A. Bethe.

It was Smyth's draft Chapter XII which prevailed in the published report. Bethe's version became «lost». Inquiries were made, to no avail, to all archives, and, of course, to Bethe, who wrote, at the end of 1978: «Oppenheimer was not at all happy with Smyth's description of Los Alamos activities...» [5]. Bethe had no idea of where his report might be. The quest continued and, finally, the «lost» Los Alamos chapter was found.

This report is of a work in progress, a full account in book form, of all facets of the history of the Smyth Report, which was published in many nations. Also included will be an expanded and definitive compendium of all editions, domestic and foreign, noting differences and their significance. There is an interesting story behind almost every edition. Appended to the book will be the full text of the «Lost Los Alamos Smyth Report», to be publicly available for the first time, even though it is highly likely that the NKVD already had read it by September 1945. The American Smyth Report was released to the world press, in a lithoprint edition, six days after the first

atomic bomb was dropped on Hiroshima. A month later, the Princeton University Press edition was published, with some deletions. The Russian public was favored over the American public, for the Soviet edition contained the deleted information! [6]

In recent times, the published Smyth Report has figured prominently in accounts of Soviet wartime espionage. Previously, the «lost» Bethe report has been unknown, but its history is most relevant to nuclear history. Among others, Yuri N. Smirnov and Vladislav Zubok [7], have written fine critiques of recent accounts of Soviet atomic espionage during World War II. To quote one example of how the Smyth Report relates to those accounts, Zubok faults Alexander Feklisov's book [8], writing that among his «facts» which fail to «survive serious scrutiny» is that Oppenheimer refused to sign the Smyth Report because it was «one-sided and deluding». But, Feklisov was correct on this issue; as excellently demonstrated by Zubok, he appears to have erroved, possibly not innocently, on some other critical points.

Scientific-Technical intelligence expert, Colonel — Professor Vladimir Barkovsky, has presented an impressive account [9, 10] of how Soviet Intelligence penetrated Manhattan Project security. Other evidence, such as the recently released «VERONA» cables [11] indicates that Barkovsky, responsible for NKVD technical intelligence in London, and later in New York, was modest in his claims at the Dubna Symposium. For example, a «VERONA» cable of November 27, 1945, from San Francisco to Moscow described the Smyth Report, which had been received in Moscow months before.

But the cablegram also noted the controversy over the Los Alamos chapter. That controversy had not been publicly known at that time. Indeed, it was something almost unknown throughout the Manhattan Project. Feklisov thought that intelligence coup was important enough to be in his memoirs.

At the time of the San Francisco cablegram, Moscow, evidently was evaluating the Smyth Report for what it revealed. For example, a month before the cablegram was sent, Moscow had dispatched a physicist, Yakov Terletsky, to Copenhagen to question Niels Bohr about the Smyth Report [12]. As «Mr. Baker», Bohr had worked at Los Alamos. But by the time of the internal Los Alamos Smyth Report controversy, Bohr had returned to Copenhagen. Nevertheless, it was clear that Terletsky's questions to Bohr were primarily directed to determine whether the Smyth Report contained «disinformation» and how the report might affect the directly obtained information which Barkovsky has described. Terletsky's question to Bohr also appeared to mirror perplexity and suspicion about the differences between the original American lithoprint and Princeton Press editions.

Terletsky's mission was considered to have been so important that a summary was passed by NKVD leader Lavrenti Beria to Joseph Stalin himself.

One of the significant conclusions which could be drawn from the May 1996 Dubna Symposium was that much of the American and British agonizing over what publication of the Smyth Report might revealed was in vain because of almost complete lack of knowledge, at that time, of the extent of Soviet atomic espionage.

An important historical question remains: At least by the time of the open publication of the Russian translation of the Smyth Report, the NKVD then knew of the more intriguing unpublished Los Alamos chapter. Did the NKVD manage to

acquire it? The answer appears to be in the affirmative. Pavel Sudoplatov, who was among those who handled these matters at NKVD headquarters in Moscow, noted in his controversial memoirs [13] that he had received the «Lost» chapter in September 1945 — and, even more importantly, had in hand the entire Smyth Report manuscript with the editorial notes of General Leslie R. Groves, head of the Manhattan Project. While, in 1994, Sudoplatov's memories of these events was dim, and his book must be read with extreme caution, his knowledge of the «Lost» report lends credence to his statement that he had the entirety of General Groves' editing of the Smyth Report. The manuscript would have been most revealing indeed and gives rise to the ironic conclusion that General Groves himself, albeit most unwillingly and unknowingly, may have contributed substantially to early Soviet knowledge of the atomic bomb!

REFERENCES

1. The Princeton Library Chronicle Volume XXVII, No 9, Spring, 1976. pp. 173-189. An incomplete «check list» of world-wide editions of the Report is appended.
2. H.D. Smyth to J.R. Oppenheimer, 1 February 1945.
3. H.D. Smyth to J.R. Oppenheimer, April 6, 1945.
4. Oppenheimer to Smyth, April 14, 1945.
5. H.A. Bethe to A. Kramish 12/29/78.
6. Richard Rhodes. «Dark Sun. The Making of the Hydrogen Bomb». Simon and Schuster. New York, N.Y. 1995, pp. 215-216.
7. For example, as published in «Cold War International History Project» Issue 4. Fall 1994. Woodrow Willson International Center for Scholars. The Smithsonian Institution. Washington, D.C.
8. Aleksander Feklisov. «Za okeanom i na ostrove. Zapiski razvedchika. [Overseas and on the island: Notes of an intelligence officer]» (Moscow: «Dem», 1994), p. 150.
9. Barkovsky Vladimir. «Participance of the Scientific-Technical Intelligence Service in the Construction of Indigenous Atomic Weapons». HISAP'96. First Plenary Session. 14 May 1996.
10. Thomas Reed and Arnold Kramish. «Trinity at Dubna» Physics Today. Vol. 49, Number 11, November 1996, pp. 30-35.
11. Robert Louis Benson and Michael Warner. «Verona. Soviet Espionage and the American Response 1939 — 1957.» National Security Agency and Central Intelligence Agency. Washington, D.C. 1996.
12. Yuri Gaponov, Finn Aaserud and P. Rubinin. «Once More on Terletsky's Visit to Niels Bohr in 1945. HISAP'96. May 18, 1996.
13. Pavel Sudoplatov and Anatoli Sudoplatov (with Jerrold L. and Leona P.Schecter). «Special Tasks the Memoirs of an Unwanted Witness — A Soviet Spymaster»: The Little, Brown and Company. New York. 1994.

ОШИБКИ, ВЫЗВАННЫЕ ЭМОЦИЯМИ: ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АМЕРИКАНЦЕВ О ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕТСКИХ АТОМНЫХ РАЗРАБОТОК, 1945-1949 гг*

Поллок Э.

Иностранцам всегда было трудно представить себе реальную картину происходящего в России. Конечно, это нисколько не останавливало экспертов в попытках дать соответствующие оценки и прогнозы. Летом 1949 года, например, американское правительство было озабочено вопросом о том, когда у Советского Союза может появиться атомное оружие. Генерал Лесли Гровс, руководитель Манхэттенского проекта, заявил, что американская монополия в этой области будет сохраняться еще в течение нескольких десятилетий.

Отставание России он объяснял прежде всего отсутствием технического оснащения, технологий и свободы научно-технического поиска, которые были очень важны для решения столь сложной задачи.

Точку зрения Гровса разделяли американские эксперты-атомщики. Хотя и в 40-е послевоенные годы существовали опасения, касающиеся возможного начала гонки атомного вооружения, к лету 1949 года Ванневер Буш и Джеймс Конант пришли к выводу, что Советский Союз не сможет разработать атомное оружие в течение многих лет, если вообще ему это удастся. Буш считал, что успех Манхэттенского проекта и относительно примитивное состояние немецкого атомного проекта в конце войны свидетельствовали о важности демократии для успешного развития науки. По его мнению, раз гитлеровская Германия не смогла быстро сделать бомбу, то и сталинская Россия не в состоянии этого сделать [1].

В сентябре 1949 года стало очевидно, что самоуверенность этих людей необоснованна, т.к. Советский Союз провел испытания своего первого атомного устройства. Очень важно помнить об этом уроке и сейчас, когда нынешние эксперты пытаются предсказать, какое значение будут иметь выборы в России, куда пойдет развитие российской экономики, или, что более близко этой аудитории, каков потенциал российской науки.

---

* Автор хотел бы поблагодарить Д. Энгерман, Ю. Слезкину и Д. Холлоуэя за помощь при подготовке этого доклада. В.П. Визгин и переводчики в Дубне также помогли осуществить перевод на русский язык. The Berkeley Society for Historians of Science оказало финансовую помощь.

Та страна, о которой писал Уинстон Черчилль как о загадке, овеянной тайной, остается загадкой и сейчас.

Одним из наиболее таинственных и загадочных сюжетов в истории СССР является история советского атомного проекта. Теперь можно определенно сказать, что административным руководителям Манхэттенского проекта следовало бы правильнее оценить возможности СССР в атомных разработках и не переоценивать долговечность ядерной монополии Соединенных Штатов. Но тогда никто не разделял этого мнения. Группа выдающихся ученых (включая Ирвинга Ленгмюра, Ганса Бете и Нильса Бора) настаивала на том, что Советский Союз может создать атомную бомбу в тот же срок, какой потребовался для этого Соединенным Штатам, а именно, от трех до пяти лет.

В отличие от точки зрения Гровса, их оценки были основаны на высоком мнении о возможностях советских ученых и инженеров в этой области. После того как Советский Союз публично объявил о проведенных испытаниях, Бернард Броуди указал на то, что все предыдущие оценки сроков создания советской бомбы оказались несостоятельными. Он писал: «Если тридцатилетние оценки и другие в том же роде были совершенно бредовыми, то и те, которые предусматривали сроки от трех до десяти лет, тоже основывались на никуда не годной информации и были подвержены искажениям, вызванным эмоциями. Количество факторов, которые необходимо было учесть, было слишком велико для того, чтобы мы могли сделать более или менее адекватный прогноз» [2].

Действительно, существовало много вопросов, на которые нужно было ответить: насколько способны советские ученые сделать бомбу, каковы ресурсы советской промышленности, насколько важной была информация в докладе Смита и в материалах, полученных из подозрительных источников разведкой, каковы были трудности в работе с урановыми рудами, способствовала или задерживала советская тоталитарная система в осуществлении такого широкомасштабного проекта?

Таким образом, оценки того, когда Советский Союз устранит американскую атомную монополию, зависели от того, какие ответы будут получены на эти вопросы, а также от относительного значения каждого из вышеупомянутых факторов.

Разница между оценками так называемого «долгого периода», которая ассоциируется с Гровсом, и более коротких периодов ученых-атомщиков говорит нам немало о том, как американцы понимали состояние советского атомного проекта в очень важные первые годы холодной войны.

Анализ этой недооценки американцами способности Советского Союза разработать атомную проблему помогает также объяснить, почему правительство Соединенных Штатов так остро отреагировало на известие о советских испытаниях. Взрыв советской бомбы внес свой вклад в принятие решения о создании водородной бомбы и формулирование политики сдерживания, которая отражена в резолюции Совета Национальной Безопасности за номером 68.

После 1949 года наиболее популярным было мнение, что только один фактор, а именно данные разведки, мог объяснить быструю разработку атомного оружия в СССР. Клаус Фукс и Розенберги являются самыми известными

примерами атомных шпионов, арестованных на Западе за передачу СССР атомных секретов. Но эти известные случаи отвлекают от вопроса о том, почему более правильные оценки ученых были проигнорированы и почему американское правительство настаивало на ошибочной оценке «долгого периода». Кроме того, это мнение основывалось на слишком простых объяснениях того, почему Советский Союз смог создать бомбу только через четыре года после Хиросимы и Нагасаки. Это объяснение, состоящее в том, что именно разведке принадлежит заслуга в решении атомной проблемы, живет еще и сегодня [3]. Поскольку споры о роли разведки еще продолжаются, одной из задач моего доклада является рассмотрение самых ранних взглядов американцев на потенциал советских атомных разработок и попытка понять, почему разведывательные данные оказались столь сильным объяснительным фактором сразу же после проведения испытания советской бомбы. Прежде чем говорить об этом, я должен остановиться на двух моментах, которые, впрочем, я не пытаюсь характеризовать исчерпывающим образом сегодня.

Во-первых, я не буду сопоставлять ранние американские оценки с тем, «что на самом деле случилось», как это описывают историки в своих недавних научных исследованиях по советскому атомному проекту. Я мог бы только сказать, что на самом деле никто в Америке не понимал того, что действительно происходило тогда в СССР, и это привело к ошибочному заключению. Вместе с тем, это не так удивительно, поскольку о Советском Союзе в целом и о советской атомной науке, в частности, было известно слишком мало.

Во-вторых, я не буду систематически анализировать роль разведки в успехах советского проекта. Дебаты в этой области являются слишком техническими, к тому же они носят весьма эмоциональный характер. Поэтому до тщательного изучения всех материалов, относящихся к этому вопросу, включение начинающего историка в эту полемику преждевременно. Могу, впрочем, заметить, что я готов присоединиться к выводам, которые были сделаны недавно по этому вопросу Юлием Харитоном, Юрием Смирновым и Дэвидом Холлоуэем [4]. Моя задача состоит в том, чтобы описать те точки зрения, явно недооценивающие потенциал советской науки и промышленности в течение короткого периода американской ядерной монополии, которые усиливали тенденцию объяснить быстрые и неожиданные успехи Советского Союза в этой области деятельностью «атомной разведки».

Первая официальная оценка, касающаяся возможности другой страны создать атомное оружие, была представлена в 1944 году Бушем и Конантом, административными руководителями Манхэттенского проекта во время войны. Озабоченные необходимостью международного сотрудничества в контроле за атомным оружием, они писали военному секретарю Стимсону, что «любая страна с хорошими техническими и научными ресурсами может достичь нашего сегодняшнего уровня за период от трех до четырех лет». Более того, с их точки зрения, «для Соединенных Штатов и Великобритании было бы верхом глупости предполагать, что они всегда будут иметь превосходство в этом новом виде оружия... и что отдельные научные разработки могли бы дать любой другой стране такое же временное преимущество, какое мы имеем сейчас» [5].

Никакое утаивание секретной информации от других стран, так же как и попытки контролировать мировую добычу сырья, не может, по их мнению, предотвратить гонку вооружений. Основывая свою точку зрения «на невысоком мнении о возможности России», генерал Гровс оспаривал мнение Буша и Конанта и доказывал, что России потребуется еще 20 лет для того, чтобы разработать атомное оружие. Высказывая это мнение об американской монополии, которое он аргументировал примитивным состоянием советской промышленности, Гровс считал более важным обеспечение контроля за добычей урана [6]. К 1945 году точка зрения Буша стала сближаться с мнением Гровса. Связь между демократической системой и научно-техническим прогрессом была провозглашена им на заседании Атомного комитета летом 1945 года. Буш заявил, что «преимущество Соединенных Штатов над тоталитарными государствами было огромным, и что именно оно лежит в основе нашей коллективной работы и свободного взаимного обмена информацией, которые уже привели к успеху и будут продолжать обеспечивать его в любой научно-технической гонке» [7].

Участники промышленной части Манхэттенского проекта также говорили официальным представителям правительства, что у России будут серьезные проблемы при разработке необходимых установок для быстрого решения атомной проблемы. Трудности с оборудованием и техническим персоналом были еще более значительным препятствием, чем добыча необходимой информации или даже копий американских планов. К июлю 1945 года Атомный комитет считал, что даже если Россия получит техническую информацию из Соединенных Штатов, то «это только сократит время их вооружения на два года, если предполагать, что общий период будет десять лет». Промышленники же считали, что немецкие установки и ученые могут помочь в реализации советского проекта. Но, возможно, из-за того, что официальные лица относились скептически к перспективам относительно слабого немецкого проекта, они не считали существенной эту помощь [8]. На самом деле Буш и Конант начинали принимать сторону более длительных оценок.

Нильс Бор и ученые из Чикагской Металлургической лаборатории основывались на вере в то, что монополия атомного оружия невозможна, и поэтому необходим международный контроль за атомным оружием для того, чтобы избежать гонки вооружений. В то время как в 1944 году Бор попытался поделиться своими опасениями относительно гонки вооружений непосредственно с Черчиллем и Рузвельтом, чикагские ученые летом 1945 года тщетно пытались пробиться к руководителям американского правительства. В докладе Атомному комитету эти ученые писали: «В России поняли основные моменты и осложнения, связанные с ядерной энергией, еще в 1940 году, и опыт российских ученых в ядерных исследованиях может помочь сделать те же шаги за несколько лет, даже если мы приложим все усилия к тому, чтобы скрыть их... Мы не можем надеяться на то, что избежим гонки ядерного оружия, храня в секрете от других народов научные факты, касающиеся ядерного оружия, или пряча сырье, необходимое для этой гонки». Более того, они говорили, что России потребуется, по меньшей мере, три или четыре года на то, чтобы отобрать лидерство у Америки. Но, похоже, этот доклад не встретил поддержки у правительства [9].

После войны ученые повторяли свои аргументы в публичных выступлениях, газетных статьях и обращениях в Конгресс. Основывая свою точку зрения на высоком мнении о советской науке и технике, они настаивали на том, что Советский Союз будет иметь бомбу через три или четыре года. И в отличие от промышленников и генералов, которые слабо представляли себе положение в советской науке, такие ученые, как Бор, Ленгмюр и Бете, точно знали, кто из русских коллег мог бы работать над бомбой. Знакомство с высоким уровнем научных исследований в Советском Союзе не может, впрочем, рассматриваться как ключевой фактор в правильности оценки короткого периода, на котором настаивали эти ученые.

Они также критиковали мнение, поддержанное правительством, что секретность может гарантировать безопасность. В спорах о том, какой нужен контроль над атомной энергией, гражданский или военный, была высказана озабоченность тем, что гражданский контроль был бы менее строгим и потому могла бы произойти утечка «атомных секретов». Логика, казалось, указывала на то, что если произойдет утечка атомных секретов, то Советский Союз сможет быстро сделать атомную бомбу. Но правительство не хотело считаться с этой возможностью, полагая, что, если обеспечить сохранение атомных секретов, то Советский Союз не сможет разработать атомную бомбу. Приверженцы короткого периода просто не принимали распространенное мнение о том, что сохранение секретов будет гарантировать Соединенным Штатам превосходство.

Позиция Нильса Бора была изложена в Госдепартаменте; запись разговора Бора хранилась у правительственного чиновника и была направлена специальному помощнику заместителя секретаря. В разговоре, который состоялся в январе 1948 года, Бор заявил, что он считает Советский Союз способным разработать атомное оружие через 16-18 месяцев, т.е. как раз к середине 1949 года. Как говорилось в отчете об этом разговоре, «Бор считал, что мы существенно недооцениваем российские технологии потому, что оцениваем их, используя свои собственные стандарты. Мы не учитываем ту невероятную концентрацию усилий, которую русские способны обеспечить в условиях командной системы, не жалея никаких человеческих ресурсов и материальных затрат». Подобную точку зрения высказывал и Ленгмюр, который никогда не симпатизировал Советам. Он открыто констатировал, что советская система имеет свои преимущества в гонке вооружений: прежде всего, за счет принесения в жертву уровня жизни, игнорирования каких-либо проблем трудоустройства и превращения науки в приоритетную для всей страны сферу деятельности. Однако официальные лица в Госдепартаменте были глубоко разочарованы такими большими ножницами между различными оценками и тем фактом, что ни одна из версий не оказалась «авторитетной или ценной» [10].

В докладе, составленном морской разведкой, группой военной разведки, а также директором разведки Комиссии по Атомной энергии, был сделан вывод о «сомнительности того, что русские смогут сделать бомбу до 1953 года и о почти полной уверенности в том, что они не смогут этого сделать до 1951 года». Штаб военачальников полагал, что Советский Союз сможет сделать это раньше, чем через десятилетие, при условии, что им будут получены информация

и оборудование с Запада. Срок от 15 до 21 лет назывался штабом в случае отсутствия посторонней помощи. Буш стал склоняться к оценке долгого периода. Он возражал против мнения о том, что Манхэттенский проект — это пример такой коллаборативной программы, которую можно было бы осуществить столь же быстро без демократии. В 1948 году даже Оппенгеймер присоединился к оценке долгого периода, согласно которой должно «пройти еще много времени до тех пор, пока Советский Союз сможет разработать необходимую программу по атомной энергии для того, чтобы получить серьезное оружие» [11]. В феврале 1949 года Конант пишет Гровсу: «Я все больше и больше склоняюсь к тому, чтобы считать, что история подтвердит справедливость Вашей оценки, когда вы определили срок в 20 лет для достижения цели, по сравнению с 5-ю годами, о которых говорил я, в случае быстрого решения проблемы» [12].

Это фундаментальное заблуждение относительно советских возможностей создания атомной бомбы до 1949 года и породило вопрос, который сразу же возник в Соединенных Штатах после советских испытаний: как смог Советский Союз так быстро создать бомбу? При оценках длительного периода исходили из того, что научный и технологический уровень Советского Союза считался недостаточным для реализации такого сложного проекта, и что тоталитарная система должна тормозить научно-техническое творчество и его координацию, которые были определяющими для быстрой разработки атомного оружия. Для тех, кто принял эту точку зрения, советский успех 1949 года можно было объяснить только успехами разведки, т.е. тем, что американские атомные секреты были украдены, по-видимому, советскими разведчиками. Ирвинг Кауфман — судья, который приговорил к смерти Этель и Юлиуса Розенбергов за атомный шпионаж, — расширил аргументы в пользу такого приговора, когда написал в своем решении: «Ваше участие в передаче русским технической документации по А-бомбе задолго до того срока, который наши лучшие ученые отводили России для создания бомбы, привело в конечном счете к тому, что это вызвало коммунистическую агрессию в Корее». Подобное мнение точно отражало идею, которую разделяли многие американцы, а именно то, что монополия атомного оружия будет длиться дольше, чем это было. Как писал Юджин Рабинович в «Бюллетене ученых-атомщиков» сразу после сообщения о советских испытаниях, «увлеченные масштабом и сложностью дела в промышленности и организации этой работы, они (Буш, Конант и Гровс) отказывались верить тому, что Советский Союз сможет повторить достижение американцев за срок, меньший, чем 15-20 лет, если вообще они смогут это сделать» [13]. История об американском самолюбии терялась в дебатах о роли разведки и как это привело к тому, что правительство Соединенных Штатов недооценивало возможности советских атомных разработок. Помимо проблемы разведки и ее роли в советском проекте, историки начали исследовать и другие вопросы, которые очень важны в понимании советского атомного проекта и обстоятельств, остающихся туманными с 1945 года. Как были преодолены научные и промышленные трудности? Какова была роль немецких ученых и промышленности в советском проекте? Как были

решены проблемы с добычей урана? Как такой сложный научно-технический проект мог быть осуществлен в сталинской России? Получив возможность изучать российские архивы и обсуждать атомный проект с теми, кто в нем участвовал, историки теперь в состоянии дать намного более обстоятельные ответы на эти и другие вопросы, которые десятилетиями находились за занавесом секретности. Можно только надеяться на то, что в настоящее время наши аргументы и оценки более полны и точны чем те, которые выдвигались полвека назад Гровсом, Конантом, Бором и Бушем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vannevar Bush, «Modern Arms and Free Men» (New York, 1949), pp.193-210.
2. Bulletin of the Atomic Scientists, Oct. 1949, vol.5 no.10, p.268.
3. Pavel Sudoplatov and Anatoly Sudoplatov with Jerrold L.Schecter and Leona P.Schecter, «Special Tasks: The Memoirs of an Unwanted Witness — A Soviet Spymaster», (Little, Brown, 1994).
4. Юлий Харитон и Юрий Смирнов, «Ядерное оружие СССР: пришло из Америки или создано самостоятельно?» Известия, 8 дек. 1992. David Holloway, Stalin and the Bomb (Yale University Press, 1994).
5. Bush and Conant's memorandum is reprinted in Martin J.Sherwin, «A World Destroyed» (New York, 1987), pp.286-288.
6. Richard Hewlett and Oscar E.Anderson, «The New World, 1939-1946» (University Park, PA, 1969), p.354.
7. Martin J. Sherwin, «A World Destroyed» (New York, 1987), p.300.
8. Manhattan Engineering District, Harrison-Bundy Files, folder No. 20, United States National Archives.
9. Alice Kimball Smith, «A Peril and a Hope» (Chicago, 1965), pp.560-572.
10. Foreign Relations of the United States, 1948, vol.1, p.508.
11. Foreign Relations of the United States, 1946, vol.1, pp.742-743; 1947, vol.1, p.904-905; John Prados, «The Soviet Estimate: US Intelligence Analysis and Russian Military Strength» (The Dial Press, NY), 1982; Robert Gilpin, «American Scientists and Nuclear Weapons Policy» (Princeton, 1962), p.75.
12. James Hershberg, James B.Conant, «Harvard to Hiroshima and the Making of Nuclear Age», (New York, 1993), p.267-268.
13. Bulletin of the Atomic Scientists, Oct. 1949, vol.5, no.10, p.275.

К ИСТОРИИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ МОСКОВСКОГО ДОГОВОРА О ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В ТРЕХ СРЕДАХ

Адамский В.Б.

В составе ядерных центров — и Арзамаса, и Челябинска — имеются очень важные подразделения — теоретические отделы. Впрочем, теоретические отдел или отделы имеются в каждом физическом институте. В ядерных центрах эти отделы занимают ведущее положение. Именно в них зарождались идеи, которые затем воплощались в конкретные разработки, завершавшиеся выходной продукцией, т.е. теми или иными вариантами ядерных зарядов, в случае успешных испытаний принимавшихся на вооружение. Можно сказать, что теоретические отделы находились в несколько привилегированном положении. Проявлением такого положения были большая информированность всех теоретиков о состоянии дел в отрасли, о направлении технической политики, большая доступность к участию в важных совещаниях. Пожалуй, еще более существенным был высокий авторитет руководителей теоретических отделов (ВНИИЭФ) академиков Я.Б. Зельдовича и А.Д. Сахарова в правительственных кругах, позволявший в случае необходимости выходить на представителей самых высоких эшелонов государственной власти. Характерной особенностью коллектива теоретиков было широкое обсуждение политических вопросов, касавшихся и международной, и нашей внутренней жизни. Такие дискуссии проходили часто на рабочих местах и возникали стихийно, в ходе обсуждения производственных вопросов, или бывали вызваны какими-нибудь очередными политическими событиями. В них довольно часто принимал участие Андрей Дмитриевич Сахаров. Его участие придавало некоторую значимость таким обсуждениям. Все-таки Андрей Дмитриевич принадлежал к «начальству», пользовался высоким авторитетом как среди сотрудников, так и у руководителей самого высокого уровня. При этом он не стеснялся делать порой весьма радикальные высказывания, не боялся прислушиваться к мнению других участников разговора, более молодых и по возрасту, и по служебному положению.

Обсуждению подвергалось все: и наша полная драматизма история, и политика сегодняшнего дня, и те изменения ситуации в мире, которые внесены фактом существования ядерного оружия. Последнее обстоятельство не так легко поддавалось осмыслению. С одной стороны, мы, многие из которых участвовали в ядерных испытаниях и видели картину ядерного взрыва воочию,

понимали, что впервые создано оружие, применение которого может привести к самоуничтожению человечества, с другой, именно такой тотально уничтожительный характер нового оружия диктовал сдержанность в отношении между великими державами. Войны между ними становились немыслимыми. Они оттеснялись на периферию, принимая характер локальных конфликтов.

Само по себе дальнейшее совершенствование ядерного и термоядерного оружия, ради которого производятся его испытания, серьезным дестабилизирующим фактором не является. После больших прорывов в 50-х и 60-х годах происходит его медленное совершенствование, как это и бывало во всех других видах техники. Прекращение ядерных испытаний притормаживает, если не приостанавливает, прогресс в этой области. С конца 50-х годов началась длинная серия советско-американо-английских переговоров о прекращении таких испытаний. Переговоры шли трудно и, можно сказать, безрезультатно. Основным источником разногласий был вопрос о контроле над непроведением испытаний, если такая договоренность будет достигнута. Проблема контроля состоит в том, что испытания, проводимые в воздухе или в воде (за исключением закрытых внутренних водоемов) скрыть невозможно, но взрыв под землей, особенно если его проводить в подземной полости, может быть проведен тайно. В действительности, даже такие взрывы можно зарегистрировать, и они фактически регистрировались чувствительными сейсмографами. Американская сторона во время переговоров в Женеве настаивала на необходимости контроля на месте, где произошло явление, которое можно заподозрить как проведенный ядерный взрыв. Советская сторона против такого контроля возражала, считая, что он будет использован для ведения шпионажа на территории СССР, указывая при этом, что уже имеющиеся методы и средства регистрации, которые находятся на территории государств, осуществляющих контроль, вполне достаточны для надежного обнаружения тайно проводимых взрывов.

Переговоры велись несколько лет, не приведя ни к какому соглашению. Американской стороной среди других предложений было выдвинуто и такое: запретить ядерные взрывы в трех средах: в воздухе, космосе и под водой — как легко контролируемые, но разрешить проведение подземных взрывов. Ни это, ни другие предложения приняты не были. Создавалось впечатление, что обе стороны по причинам скорее политического, чем технического характера не готовы прийти к соглашению. Не будучи официально прерваны, переговоры о запрещении испытаний фактически прекратились. Прервать такие переговоры официально ни одна из сторон решиться не могла, так как мировое общественное мнение требовало от ядерных держав конструктивного отношения к этому вопросу.

Задолго до этого времени началось и продолжалось изучение воздействия радиации на живые организмы и человека. К концу 50-х уже накопилось достаточно научной информации о таком воздействии, чтобы констатировать вред общему здоровью и генофонду человечества, который создается воздушными испытаниями вследствие образования при взрыве, распространения в атмосфере и выпадения на землю осколков деления ядер урана и плутония, испускающих β и γ излучение. Кроме того, при взрыве в воздухе образуется радиоуглерод ^{14}C из-за реакции (n,p) на азоте. Этот изотоп не связан с делением

урана или плутония, а возникает при взрыве «чистых» бомб. Впервые в советской научной печати вопрос об опасностях воздушных испытаний был поднят О.И. Лейпунским [1]. Этим вопросом интересовался И.В. Курчатов. Он предложил А.Д. Сахарову написать статью [2] на эту тему. Такая статья под названием «Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непороговые биологические эффекты» вышла в сборнике «Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия». Вывод этой статьи состоит в том, что воздушные испытания, приводя к образованию радиоуглерода (^{14}C с периодом полураспада 8000 лет), создают практически не спадающий фон радиоактивности. По оценкам Сахарова, количество жертв такого излучения составляет примерно 10 человек на одну килотонну взрыва, связанного с делением. Эти жертвы гибнут не сразу после проведения взрыва и появления в атмосфере соответствующего количества радиоактивных излучений. Это происходит или произойдет в течение нескольких тысячелетий. При этом невозможно указать, кто именно, в каком поколении и от какого конкретно испытательного взрыва станет такой жертвой. Такая анонимность и жертвы, и виновника создавала чувство отсутствия вины, успокаивала совесть и не стимулировала поиски выхода из казавшейся тупиковой ситуации. Все это очень беспокоило Андрея Дмитриевича Сахарова и он боролся против тех воздушных испытаний, которые представлялись ему необязательными. Борьба против одного из таких испытаний, принявшая весьма драматические формы, описана в «Воспоминаниях» А.Д. Сахарова.

К формированию информационного фона и, может быть, даже в какой-то степени политического настроя некоторой части сотрудников имело отношение еще одно обстоятельство. Наша библиотека получила американский журнал «The Bulletin of Atomic Scientists» («Бюллетень ученых-атомщиков»). Это был, можно сказать, политический журнал, в котором американские ученые-атомщики вели обсуждение своих профессиональных проблем, вопросов политического и морального характера, касающихся атомного оружия, атомной промышленности и положения ученого-атомщика в мире науки. И отдельные статьи, и журнал в целом производили сильное впечатление на фоне наших газет и журналов 50-х годов. Читая этот журнал, мы начинали понимать, что такое свободная дискуссия. Для нас имело значение и существо поднимаемых вопросов, и форма обсуждения, и сопоставление мнений, выявление различных аспектов вопроса, и что-то вроде завершения дискуссий, которое, что для нас было несколько необычно, отнюдь не увенчивалось какой-либо победившей точкой зрения. Можно сказать, что в нашем коллективе существовала атмосфера определенного свободомыслия, возможности открытого выражения своего мнения, меньшей скованности, чем в средних научных коллективах страны.

Знакомство с таким журналом, как «Bulletin of Atomic Scientists», и с другой информацией о дискуссиях среди американских ученых, в частности, о противостоянии Оппенгеймер-Теллер заставило думать, что американские ученые считают своим моральным долгом разбираться в возникшей ситуации и оказывают серьезное влияние в сторону разумности на политику своего правительства в этом вопросе. При этом нам казалось, что активнее ведут себя ученые, эмигрировавшие в свое время из Европы, по-видимому, более

искушенные политически, чем их американские коллеги. Наиболее яркой фигурой в этом отношении был Лео Сцилард, эмигрант из Венгрии, настаивавший в свое время на том, чтобы правительство Соединенных Штатов создало атомную бомбу, опережая Германию. А когда выяснилось, что в Германии сделано очень мало в этом направлении, Сцилард активно протестовал против атомной бомбардировки городов Японии. Может быть, представление о существенном влиянии американских (включая европейских эмигрантов) ученых на политику своего правительства было некоторым преувеличением, но заставляло посмотреть на себя и признать, что наши ученые если и влияют на ситуацию, то только чисто в техническом, но не политическом плане.

Между тем переговоры в Женеве тянулись, создавая впечатление, что участвующие в нем правительства ведут их только ради того, чтобы оправдаться перед мировым общественным мнением, не очень стараясь решить вопрос по существу. Вот тогда мне пришло в голову, что сложившаяся ситуация благоприятствует тому, чтобы выступить от имени Советского Правительства с ранее выдвинутым американской стороной предложением о запрещении всех испытаний ядерного оружия кроме подземных. Я подготовил письмо на имя Н.С. Хрущева и показал его Андрею Дмитриевичу Сахарову. Вот его текст:

Дорогой Никита Сергеевич!

Мы, ученые, работающие в КБ-11, т.е. в организации, занимающейся разработкой и конструированием атомных и водородных зарядов, хотим поделиться с Вами некоторыми нашими соображениями об одном из возможных путей достижения соглашения о прекращении ядерных испытаний.

Переговоры о полном запрещении испытаний столкнулись с большими трудностями.

Несколько лет назад американская сторона предлагала достигнуть соглашения о прекращении испытаний в атмосфере и космосе с сохранением права производить подземные испытания небольшой мощности. Мы хотим обратить Ваше внимание на то, что если не удастся достигнуть соглашения о полном прекращении ядерных испытаний, то, возможно, имеет смысл выдвинуть это предложение от имени Советского Правительства.

Наши аргументы в пользу такого предложения заключаются в следующем:

1. Непосредственный вред, приносимый испытаниями в виде заражения атмосферы, выпадения радиоактивных осадков и т.п., вызывается именно воздушными испытаниями. В случае подземных испытаний все радиоактивные продукты локализованы в месте взрыва и не выбрасываются в атмосферу и не уносятся подпочвенными водами, если место взрыва выбрано удачно.

2. Военное значение воздушных и подземных взрывов совершенно различно. Воздушные взрывы служат для совершенствования атомного и водородного оружия во всем диапазоне мощностей от тактического до сверхмощного. Кроме того, (а на данном этапе развития атомного оружия это выходит на первый план) воздушные взрывы используются для практических стрельб и других видов обучения войск обращению с ядерным оружием, а также для комплексных отработок ракет вместе с зарядами, систем ПРО и прорыва ПРО. Подземные взрывы

небольшой мощности могут быть использованы лишь для совершенствования оружия малой мощности и для различного рода модельных экспериментов, военная ценность которых весьма ограничена. Нам кажется, что не имея возможности проводить воздушные испытания, страна, не обладающая ядерным оружием, не сможет создавать современную систему ядерного вооружения.

3. Возможности мирного применения ядерных взрывов связаны как раз с подземными взрывами и не нуждаются в проведении воздушных испытаний. Полное прекращение всяких испытаний, в том числе подземных, не позволило бы вести работу над мирным использованием ядерных взрывов. Мы думаем, что мирное применение ядерных взрывов имеет широкие перспективы во многих направлениях, таких как энергетика, вовлечение в промышленный оборот ториевых руд для их переработки в делящиеся вещества, получение трансурановых элементов, омоложение нефтяных месторождений, перемещение больших масс породы при строительстве каналов и аналогичных сооружений, вскрытие рудных и угольных пластов.

*Такое предложение, как нам кажется, имеет хорошие шансы быть принятым западными державами и является вместе с тем приемлемым для нас. Заключение соглашения о прекращении испытаний в атмосфере и космосе и ограничение испытаний под землей небольшой мощностью прекратило бы заражение атмосферы радиоактивными продуктами, затормозило бы гонку вооружений и, вероятно, предотвратило бы дальнейшее распространение атомного оружия среди стран, им не располагающих, и вместе с тем не помешало бы разработке способов мирного применения ядерных взрывов. Наличие соглашения по вопросу об испытаниях в воздухе и космосе создало бы благоприятный прецедент для решения более сложных международ*ных проблем.

Андрей Дмитриевич прочитал письмо, одобрил его текст и сказал, что посылать его пока не следует. Он выразил уверенность, что министр среднего машиностроения, как тогда называлось Министерство атомной промышленности, Ефим Павлович Славский эту инициативу поддержит и не стоит его обходить. Через час Андрей Дмитриевич зашел ко мне и сказал, что завтра же он поедет в Москву, встретится со Славским и выяснит его точку зрения на эту инициативу.

Ефим Павлович Славский на тех, кто с ним редко общался, производил неординарное впечатление. Грузный мужчина, бывший кавалерист, участник гражданской войны, он, казалось, сохранил свои кавалерийские манеры не в политических действиях, о чем судить было трудно, а в чисто внешнем поведении: часто ходил в сапогах, что давно уже было не в моде. Очень характерен был его энергичный жест рукой, напоминавший взмах саблей. Вместе с тем чувствовалось, что он обладает глубоким, так сказать «мужицким» здравым смыслом, который его никогда не подводил. Действительно, он более двадцати лет пробыл на своем посту и ни разу серьезно не оступился, хотя то непростое время давало к тому немало поводов, если не считать Чернобыльской аварии, произошедшей в последний год его пребывания на должности министра, с которой он все равно вскоре должен был уйти, хотя бы по причине весьма преклонного возраста.

Возвратившись на следующий день после встречи с министром, Андрей Дмитриевич рассказал, что Славский заинтересованно поддержал наше предложение и обещал его продвинуть через Министерство иностранных дел. В Министерстве иностранных дел он действовал через заместителя министра Малика. Уже когда Е.П. Славский был на пенсии, мне захотелось узнать более конкретно тот механизм взаимодействия в правительственных кругах, который использовал Славский. Я встретился с ним на его квартире и неоднократно задавал ему этот вопрос. Ефим Павлович всячески уходил от этого вопроса, отвлекая меня показом подарков, которые он получал от шахтеров Донбасса, работников нашего министерства и других производственных коллективов. Я так до сих пор и не понял, почему он отказался сообщить мне какие-либо подробности этого дела.

Как бы то ни было, но спустя несколько месяцев Славский позвонил Андрею Дмитриевичу и сообщил, что проект договора в основном согласован с западными державами. Вскоре он будет готов к подписанию. Необычна была процедура подписания. Так как по цели и смыслу договора желательно было, чтобы его подписали если не все государства, то большинство государств независимо от того, в каких отношениях они находятся с ведущими ядерными державами, то было организовано его подписание в Москве, Вашингтоне и, кажется, в Лондоне. Страны, не имеющие дипломатических отношений с СССР и, следовательно, не имеющие своих представителей в Москве, могли подписать его в Вашингтоне и Лондоне. Соответственно, страны, не представленные в Вашингтоне или Лондоне, могли его подписать в Москве. Все три экземпляра имели одинаковую силу. Страна, подписавшая хотя бы один из экземпляров, рассматривалась, как присоединившаяся к договору. Подписание происходило во всех трех городах 3 августа 1963 года. Договор о запрещении испытаний в трех средах получил название Московского. Некоторое время после заключения договора Франция и Китай, не присоединившиеся к договору, проводили воздушные испытания, но потом и они вынуждены были пойти на прекращение таких испытаний.

Этот договор был первым шагом на пути сокращения вооружений, и в этом его значение. Он затрудняет и удерживает проведение испытаний и, благодаря этому, их притормаживает. Вместе с тем техническая сторона контроля за соблюдением договора настолько проста, что его заключению не помешало глубокое недоверие, разделявшее в то время ядерные державы. Появилось чувство, что у ядерных держав есть свои, присущие только им интересы, главный из которых недопустимость расширения «ядерного клуба», чреватого утратой контроля за расползанием ядерного оружия. Всякое дело движется заинтересованными людьми. Видимо, и среди американских ученых и правительственных чиновников нашлись люди, которые увидели в этой договоренности перспективу дальнейших шагов к сокращению вооружений.

Некоторые замечания по тексту письма Хрущеву, которое так и не было отправлено адресату, но сыграло определенную роль, подтолкнув затормозившийся процесс переговоров. Всякий документ несет на себе печать того времени, когда он был написан.

1. В этом письме наивно рекомендуется внести предложение от имени Советского Правительства, хотя оно было сформулировано за несколько лет до этого американской стороной. Но уж такое тогда было время, что, если верить газетам, то все мирные инициативы исходили от Советского Правительства. Нельзя было выпадать из общего стиля.

2. В письме учебные стрельбы вроде тех, которые были проведены в Тоцких лагерях, упоминаются, как нечто само собой разумеющееся. За прошедшие тридцать с лишним лет и наше понимание о воздействии излучения на человека, и наше гуманитарное сознание сильно изменилось. Теперь такое, как бы вскользь, упоминание о «практических стрельбах и других видах обучения войск» с применением ядерных взрывов может вызвать только возмущение. Но тогда еще не полностью укрепилось сознание, что ядерное оружие не может быть практически применяемым оружием, а является оружием сдерживания.

3. В письме чувствуется озабоченность вопросом мирного применения ядерных взрывов, подчеркивается, что заключение договора этому не помешает. В период, когда письмо составлялось, в обоих ядерных центрах переживалась эйфория по поводу мирного применения ядерных взрывов. Тогда казалось, что перед этим научно-техническим направлением открываются широкие перспективы. Не полностью были учтены технические трудности, а главное, совершенно не учитывалась общественно-политическая сторона дела. Многие, в том числе и автор этой статьи, считают, что технически грамотное, безопасное применение ядерных взрывов в народнохозяйственных целях может принести значительную пользу. Но для этого абсолютно необходимо вести трудную, без уверенности в успехе разъяснительную работу среди населения и общественности того региона, в котором предполагается такой взрыв провести. Если это не удается, что делать, придется отказаться от этой технологии, несмотря на экономические выгоды, которые она способна принести.

4. В письме подчеркивается малая мощность подземных взрывов. Это просто недооценка возможностей буровой техники в условиях, когда еще не было опыта подготовки и проведения подземных взрывов. Ограничения горно-технического характера, кроме стоимости, не препятствовали проведению взрывов желательной мощности.

Московский договор 1963 г. был первым в серии договоров и соглашений, регулирующих поведение держав в сфере ядерных испытаний. Правда, ядерные державы фактически взяли на себя ряд односторонних обязательств в форме добровольного моратория на взрывы. По-видимому, сложившаяся ситуация в недалеком будущем будет закреплена заключением многостороннего соглашения о всеобщем запрещении испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.И. Лейпунский. «Радиоактивная опасность взрывов чисто водородной и обычной бомбы». Атомная энергия. 1957, т.3, № 12, стр. 530.
2. А.Д. Сахаров. Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непороговые биологические эффекты. Сборник «Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия». М., Атомиздат, 1959.

К ИСТОРИИ ПЛАНОВ МЕЖДУНАРОДНОГО КОНТРОЛЯ НАД АТОМНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Тимербаев Р.М.

Еще до того, как ядерное оружие было создано, в руководящих кругах США и Англии и среди международной группы ученых, которая участвовала в атомном проекте, стали задумываться над тем, какую роль ядерное оружие будет играть в послевоенном мире. Можно говорить о двух основных тенденциях.

С одной стороны, значительная часть ученых и некоторые крупные американские администраторы видели в новом оружии небывалой доселе разрушительной силы потенциальное «яблоко раздора», которое неизбежно вызовет усиление соперничества между государствами и губительную гонку атомных вооружений, а посему нужно попытаться найти способ поставить его под международный контроль.

С другой стороны, в правительственных и военно-промышленных кругах США и Англии существовали могущественные силы, которые понимали, что новое оружие может быть использовано в качестве решающего инструмента силы и влияния в мире, и поэтому следует не допустить раскрытия секрета об атомном оружии и попытаться воспрепятствовать возможности появления его у других государств, в первую очередь у Советского Союза.

Секрет атомной бомбы поначалу стремились скрыть даже от союзников, хотя в ходе войны с гитлеровской Германией между ними довольно широко развивалось военное сотрудничество во многих областях новейшей военной техники. На самом начальном этапе англичане, первыми осознавшие значение нового открытия,[1] пытались скрыть возможность создания атомного оружия даже от США. Определяющими для формирования такой позиции были меморандум эмигрировавших в Англию немецкого ученого Рудольфа Пайерлса и австрийского — Отто Фриша, которые впервые доказали практическую возможность создания бомбы на базе урана-235 (начало 1940 г.), и доклад комитета МАУД (Maud Committee), в котором было сделано заключение британскому правительству, что «предложение о создании урановой бомбы осуществимо и может привести к решающим результатам в войне», и рекомендовалось «дать работам высочайший приоритет и расширить их масштабы, чтобы получить оружие в возможно кратчайший срок» (июль 1941 г.)[2].

Доклад комитета МАУД попал на стол советнику Черчилля по науке лорду Черуэллу, который, по словам Маргарет Гауинг, официального историка и

архивиста британского управления по атомной энергии, считал, что обладание производством урана-235 позволит «диктовать условия остальной части мира». «Как бы сильно я ни доверял своему соседу и ни полагался на него, — писал он, — я очень неохотно полностью положился бы на его благорасположение и поэтому не стал бы просить американцев предпринять это дело — я бы просто продолжал обмениваться информацией и приступил бы к производству здесь, не поднимая перед ними вопроса, займутся ли они этим или нет».[3] Черчилль в течение некоторого времени разделял взгляды Черуэлла и крупнейшего английского физика Дж. Чэдвика, который также считал, что весь проект должен быть осуществлен в Англии. Однако вскоре стало ясно, что из-за угрозы немецких бомбежек и при отсутствии должной инфраструктуры работы придется перевести в США.[4]

Что касается США, то там многие сразу же стали рассчитывать на длительное монопольное владение ядерным оружием. Характерным в этом отношении является известное высказывание руководителя Манхэттенского проекта[5] генерала Лесли Гровса: «Уже примерно через две недели после того, как я стал во главе этого проекта, у меня не было никаких иллюзий, что нашим врагом будет Россия, и проект осуществляется именно исходя из этой предпосылки».[6]

Первые наметки такого американо-английского подхода к нераспространению секрета атомного оружия, в т.ч. и в отношении своих союзников по антигитлеровской коалиции — СССР и Франции — появились, а затем были закреплены в соответствующих двусторонних договоренностях еще до создания атомного оружия.

Англо-американское сотрудничество в атомной области налаживалось не без трений. Когда американский проект еще только вставал на ноги, «чрезмерно уверенные в себе британцы, — пишет Маргарет Гауинг, — предпочитали атомное сотрудничество полной интеграции проектов, как это предлагалось Рузвельтом осенью 1941 г. Но американский проект вскоре обогнал британский, и американцы больше не нуждались в британской помощи, да и не хотели ее». Англичане «пришли в отчаяние: они самостоятельно не могли идти дальше и были отрезаны от американских знаний».[7]

В этот период лорд-председатель совета и член военного кабинета Черчилля Джон Андерсон пишет Ванневару Бушу, руководителю американского Национального совета оборонных исследований, письмо с предложением об учреждении в будущем международного контроля за использованием атомной энергии и о создании комиссии из представителей США и Англии, которая рассмотрела бы состав будущего «атомного клуба». В ответе Буш ограничился общими словами, что предложения о международном контроле весьма серьезны, но не относятся к числу неотложных мер.[8] В дальнейшем — в 1944-45 гг. Ванневар Буш заинтересуется проблемой международного контроля и станет одним из активных сторонников этой концепции. В данном же случае Буш усмотрел в предложении Андерсона о международном контроле прежде всего попытку обеспечить полноправное участие Англии в Манхэттенском проекте.

Заместитель Буша по атомному проекту, президент Гарвардского университета Джеймс Конэнт считал, что англо-американское атомное сотрудничество

должно быть строго ограниченным. Его рекомендации были одобрены Рузвельтом и в январе 1943 г. сообщены англичанам. В результате последовал острый конфликт, который «надолго оставил шрамы на взаимоотношениях между военными союзниками».[9]

Как свидетельствует Гауинг, «лишь только после большой борьбы Черчиллю удалось убедить Рузвельта подписать в августе 1943 г. Квебекское соглашение, которое позволило британским ученым принять участие в некоторых разделах американского проекта — и, что самое главное, — в Лос-Аламосе, где должны были создаваться бомбы».[10] На этой конференции был также создан Объединенный политический комитет (Combined Policy Committee — CPC), который был призван координировать деятельность в атомной области. В соглашении было записано, что атомная бомба будет решающим фактором в послевоенном мире и предоставит абсолютный контроль тем, кто будет владеть ее секретом. Президент и премьер-министр договорились не передавать третьей стороне какой-либо информации «без взаимного согласия» и решать по взаимному согласию вопросы применения ядерного оружия.[11]

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ИДЕЯ МЕЖДУНАРОДНОГО КОНТРОЛЯ НАД АТОМНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Но параллельно с этим подходом, который был чреват, как выявилось уже в первые послевоенные годы, серьезными последствиями для судеб мира, вызревали более разумные и смотрящие далеко вперед представления о том, как человечество должно ответить на вызов, брошенный ему новым открытием. Эти мысли зародились прежде всего в среде международной группы ученых, работавших в рамках Манхэттенского проекта, а в дальнейшем их стали разделять и некоторые крупные руководители военных исследований и государственные деятели.

Первым такие мысли стал высказывать, а затем сформулировал и стал их настойчиво продвигать Нильс Бор. Уже после первого посещения Лос-Аламоса в декабре 1943 г., когда он увидел широкий разворот работ, он высказал в письме Джону Андерсону, члену военного кабинета Черчилля, идею установления эффективного международного контроля над атомным оружием, дабы избежать опасного для мира послевоенного международного состязания в создании атомных вооружений.[12]

Бор хорошо знал высокую компетентность русских ученых и прекрасно отдавал себе отчет в том, что Советский Союз не пожалеет усилий, чтобы догнать англо-саксов, и, очевидно, уже занимается урановой проблемой. Его убеждение укрепилось, когда в апреле 1944 г. он получил письмо П.Л. Капицы с приглашением приехать в Москву и продолжить там свою научную деятельность. Бор ответил теплым, ни к чему не обязывающим письмом, ознакомив с перепиской английские власти.

Датский ученый продолжал искать союзников, и ему удалось найти единомышленников в пользу международного контроля среди довольно высокопоставленных представителей английского руководства (которые не могли не

опасаться единоличного атомного господства США в послевоенном мире). Маргарет Гауинг считает, что взгляды Нильса Бора разделяли советник Черчилля по науке лорд Черуэлл, посол в США лорд Галифакс, президент Королевского общества Генри Дейл; лорд-председатель совета Джон Андерсон. По протекции этих лиц между Бором и Черчиллем 16 мая 1944 г. состоялась беседа, которая, однако, завершилась безрезультатно.

Одновременно Нильс Бор предпринимает аналогичные шаги в США. 3 июля 1944 г. он пишет меморандум президенту Рузвельту, в котором выражает глубокую озабоченность перспективой послевоенных разногласий между государствами по атомной проблеме. Он предупреждает, что временное преимущество, которое может возникнуть в результате создания атомной бомбы, может быть «перевешено вечной угрозой человеческому обществу», и поэтому вопрос об установлении международного контроля над использованием атомных материалов требует «самого неотложного внимания». Ученый предложил информировать союзников (т.е. в первую очередь советского союзника, поскольку англичане уже участвовали в Манхэттенском проекте), с тем чтобы избежать в дальнейшем гонки ядерных вооружений. Бор подчеркивал, что только «открытый мир» позволит создать надлежащую среду для установления международного контроля.

26 августа 1944 г. состоялся разговор Бора с Рузвельтом. Президент сказал Бору, что следует попытаться обратиться к России, и это откроет новую эру в истории человечества. Сталин, по мнению Рузвельта, был достаточно реалистом, чтобы понимать последствия этой научно-технической революции. Бор, писала Гауинг, был «довольно воодушевлен своим разговором с Рузвельтом, набросал черновик письма Капице в духе обсуждавшихся идей и был готов поехать в Россию».

Однако, надежды Нильса Бора были развеяны. На совещаниях между Черчиллем и Рузвельтом в сентябре 1944 г. первому удалось уговорить американского президента усилить контроль за соблюдением атомных секретов. 18 сентября ими была подписана памятная записка, в которой, в частности, говорилось:

«1. Предложение об обнародовании сведений о «Tube Alloys» (так англичане называли работы над атомной бомбой — Р.Т.), имея в виду заключение международного соглашения о контроле над ведущимися работами и над использованием их результатов, неприемлемо. Все, что делается в этой области, должно рассматриваться и впредь как мероприятие абсолютно секретное по своему характеру; после того же, как «бомба» окончательно поступит в наше распоряжение, она, по-видимому, после взаимных консультаций, может быть применена против японцев, которых следует предупредить, что такие бомбежки будут осуществляться до тех пор, пока они не капитулируют <...>

3. Следует провести расследование деятельности профессора Бора и предпринять шаги, чтобы убедиться, что он не несет ответственности за утечку информации, особенно русским».[13]

Однако друзья датского ученого — Черуэлл, Андерсон, Галифакс и др. — взяли его под защиту. Черуэлл в присутствии Ванневара Буша разговаривал с Рузвельтом, и вопрос был закрыт.

Активная позиция Нильса Бора вызвала живой отклик среди ученых и многих администраторов. 12 декабря 1944 г. Альберт Эйнштейн пишет Бору письмо, в котором, сетуя на то, что политики не сознают угрозы миру, проистекающей от атомной бомбы и потенциальной гонки атомных вооружений, настойчиво призывает к тому, чтобы ученые совместно оказали нажим на политических лидеров в пользу интернационализации ядерного оружия. Эйнштейн предложил, чтобы инициативу взяли на себя сам Бор, а также Артур Комптон, Черуэлл, Капица и Иоффе.[14] Но предупрежденный друзьями, Бор решил проявить осторожность. 22 декабря он посетил Эйнштейна и заверил его, что «ответственные государственные деятели Америки и Англии» полностью осознают опасности и возможности, создаваемые бомбой, после чего Эйнштейн на своей идее настаивать не стал.

Над проблемами, поставленными Бором и другими учеными, все больше стали задумываться политические деятели. В Англии — Андерсон, Галифакс и даже Антони Иден. В Вашингтоне — директор Управления научных исследований и разработок Ванневар Буш и его заместитель Джеймс Конэнт, игравшие ключевую роль в Манхэттенском проекте, обсуждали эти вопросы с военным министром Генри Стимсоном и 30 сентября 1944 г. подготовили для него меморандум о международных последствиях создания атомной бомбы, где высказались за международный контроль. В нем подчеркивалось, что нынешнее преимущество США и Британии является временным. Любое государство, располагающее хорошими научно-техническими ресурсами, может догнать их за три-четыре года. Двум англо-говорящим странам было бы безрассудным полагать, что они всегда будут впереди. Буш и Конэнт высказались за то, чтобы раскрыть все секреты, кроме деталей создания бомбы, как только будет продемонстрировано, что взрывное устройство сработает.[15]

Стимсон во многом разделял озабоченность ученых относительно перспективы гонки вооружений, идеи международного контроля и обращения к Советскому Союзу. 15 марта 1945 г. Стимсон сказал Рузвельту, что предстоит сделать выбор между, с одной стороны, политикой секретности и англо-американской монополией и, с другой, — политикой международного контроля, основанной на свободном обмене научной информацией.[16] Рузвельт выразил согласие, но никаких действий не предпринял.[17] До своей смерти, наступившей 12 апреля, он так и не принял определенного решения.

Но находясь под воздействием противоборствующих сил, Рузвельт явно колебался. Он все больше задумывался над тем, не стоит ли поставить советского союзника в известность относительно завершающихся в США работах над созданием атомного оружия. Об этом свидетельствует, в частности, тот факт, что в ходе Ялтинской конференции, проходившей с 4 по 11 февраля 1945 г., во время встречи Рузвельта с Черчиллем в Ливадийском дворце Рузвельт спросил английского премьер-министра: «Не настал ли момент информировать Сталина о бомбе?» Черчилль ответил отрицательно, добавив, что такое предложение его просто «шокировало».[18] Рузвельт не стал настаивать. В.М. Бережков, работавший в годы войны в секретариате В.М. Молотова, писал, что все разговоры в Ливадийском дворце прослушивались и докладывались Сталину.

Сталин, получавший по линии советской разведки регулярную информацию о прогрессе Манхэттенского проекта, уже тогда заключил, что Вашингтон и Лондон держали работы над бомбой в секрете, так как намеревались использовать это оружие в качестве средства давления на Советский Союз.[19]

Весной 1945 г. Бор направил Рузвельту еще один меморандум, однако он попал на стол Ванневару Бушу уже после смерти президента. В нем датский ученый прозорливо поднимал вопросы, идущие уже дальше его предложения о целесообразности информирования русских об атомной бомбе. Он писал, что в скором времени будут найдены способы, «упрощающие методы производства активных материалов и усиливающие их эффективность в такой степени, что это позволит любому государству, располагающему крупными промышленными ресурсами, овладеть силами разрушения, превышающими всякое воображение. Ввиду этого человечество окажется перед опасностью беспрецедентного характера, если в должное время не смогут быть приняты меры для упреждения гибельного соперничества в создании мощных вооружений и установления международного контроля за производством и применением разрушительных материалов».[20]

25 апреля Стимсон впервые после смерти Рузвельта знакомил нового президента с ходом работ над атомной бомбой (судя по всему, Трумэн, будучи вице-президентом, не знал о бомбе[21]). Основной акцент в беседе с новым президентом он сделал на политических последствиях создания атомного оружия и на опасности в будущем распространения этого оружия. Стимсон представил Трумэну меморандум, в котором, в частности, писал:

«<...> Абсолютно очевидно, что мы не в состоянии сохранить за собой эти преимущества на неопределенное время, так как:

а) различные исходные данные, связанные с открытием секрета атомной бомбы и ее производством, хорошо известны многим исследователям во многих странах <...>;

б) хотя производство бомбы существующими сейчас методами требует огромных научных и промышленных усилий, а также сырьевых ресурсов, которые не являются неисчерпаемыми, но находятся в основном в руках США и Соединенного Королевства, очень вероятно, что в будущем более легкие и дешевые методы производства будут найдены учеными вместе с открытием более распространенных материалов. В результате весьма вероятно, что в дальнейшем бомба может быть изготовлена и малыми странами и даже отдельными группами или в более короткий срок большой страной.

<...> В результате можно предсказать, что в будущем мы придем к такому положению, когда атомная бомба может быть изготовлена тайно и использована внезапно и эффективно с огромной разрушительной мощью злоумышленно настроенной страной или группой стран против ничего не подозревающей страны или группы стран, пусть даже более крупных по своей территории или по материальным ресурсам. С помощью атомного оружия даже очень сильная, но не ожидающая нападения страна может быть захвачена буквально в считанные дни значительно меньшей страной. Единственное государство, которое могло бы начать производство этого вида оружия через несколько лет, — это Россия.

<...> В свете наших сегодняшних подходов к данному роду оружия вопрос о совладении им с другими странами, включая и условия такого совладения, если вопрос будет решен положительно, становится главным вопросом нашей внешней политики. Следует также принять во внимание, что наша руководящая роль в войне и в производстве этого оружия налагает на нас определенные моральные обязательства, от которых мы не можем уклониться без того, чтобы не взять на себя очень серьезную ответственность за любые катастрофические последствия».

Трумэн никак не реагировал на соображения, высказанные Стимсоном, решив создать Временный комитет (Interim Committee) во главе со Стимсоном и Джеймсом Бирнсом, директором Управления военной мобилизации и будущим государственным секретарем для подготовки решений, связанных с завершением работ над атомной бомбой. Временный комитет, заседавший в мае — начале июня, прошел в спорах. Бирнс и Гровс решительно отстаивали политику секретности, тогда как Буш, Конэнт и, особенно, Оппенгеймер выступили за то, чтобы сообщить Москве о бомбе раньше, чем она будет применена, и предложить совместную разработку международного контроля. Бирнс же отстаивал ту точку зрения, что американское обладание бомбой сделает Россию более покладистой в Восточной Европе.[22] В итоге победила точка зрения Бирнса, представлявшего в комитете президента, и было решено сохранить в секрете от Советского Союза сведения о бомбе, пока она не будет сброшена на Японию.

НАЧАЛО АТОМНОЙ ЭРЫ

Официально атомная эра началась 16 июля 1945 г. испытанием американской атомной бомбы в пустыне Аламогордо, шт. Нью-Мексико, о котором Трумэн был поставлен в известность во время Потсдамской конференции (17 июля — 2 августа).[23] Американский президент, прежде чем информировать о бомбе Сталина, прорепетировал свой разговор с ним со Стимсоном, госсекретарем Бирнсом и Черчиллем. Было решено прямо не говорить о ней, дабы избежать возможных вопросов Сталина о дальнейшей судьбе этого оружия. Разговор состоялся 24 июля.

Подойдя к Сталину без своего переводчика[24] и полагаясь на перевод русского переводчика, Трумэн «как бы невзначай» упомянул, что США «располагают оружием необычайной разрушительной силы». В своих мемуарах Трумэн потом напишет: «Русский премьер не проявил особого интереса. Все, что он сказал, это то, что он был рад услышать об этом и надеется, что мы хорошо воспользуемся этим оружием против японцев.»[25] Черчилль вспоминал, что «лицо Сталина оставалось веселым и радушным. Я находился примерно в пяти ярдах от них, наблюдая с большим вниманием за историческим разговором. Я заранее знал, как будет действовать президент. Главное было оценить, какой эффект его слова произведут на Сталина. Я вижу его лицо, как будто это было вчера. Казалось, что он был восхищен. Новая бомба! Чрезвычайной мощи! Вероятно, приведет к скорому решению войны с Японией! Какая удача!»

Но вот Антони Иден, который вместе с Черчиллем наблюдал за разговором также с расстояния нескольких метров, писал в своих мемуарах, что Сталин

просто кивнул головой и сказал: «Благодарю Вас», никак не комментируя сообщение Трумэна.[26] Переводчик Сталина В.Н. Павлов, переводивший разговор, подтверждает рассказ Идена, и, как он припоминает, Сталин просто кивнул головой, не проронив ни слова.[27]

По мнению ряда историков, Трумэн и Черчилль были убеждены, что Сталин не сознавал, что речь идет об атомной бомбе. Но воспоминания советских участников Потсдамской конференции определенно свидетельствуют, что Сталин отлично знал, что Трумэн имел в виду атомное оружие.

Маршал Г.К. Жуков вспоминает:

«<...> В ходе конференции после одного из заседаний глав правительств Г. Трумэн сообщил И.В. Сталину о наличии у США бомбы необычайно большой силы, не назвав ее атомной.

В момент этой информации, как потом писали за рубежом, У. Черчилль впился глазами в лицо И.В. Сталина, наблюдая за его реакцией, но тот ничем не выдал своих чувств, сделав вид, будто ничего не нашел в словах Г. Трумэна. Черчилль, как и многие другие англо-американские деятели, потом утверждал, что, вероятно, И.В. Сталин не понял значения сделанного ему сообщения.

На самом деле, вернувшись с заседания, И.В. Сталин в моем присутствии (выделено нами — Р.Т.) рассказал В.М. Молотову о состоявшемся разговоре с Г. Трумэном. В.М. Молотов тут же сказал:

— Цену себе набивают.

И.В. Сталин рассмеялся.

— Пусть набивают. Надо будет сегодня же переговорить с Курчатовым об ускорении нашей работы».[28]

Примерно сходные воспоминания оставил А.А. Громыко. Состоявшийся в Потсдаме 24 июля разговор между Трумэном и Сталиным имел важное историческое значение. «Сталин, как верно отмечает американский историк Герберт Файс, был способен скрыть любое проявление того, что ему известно, и подавить любой признак понимания того, что дипломатический и военный баланс между Западом и Советским Союзом может быть поколеблен новым оружием».[29] Именно этот разговор дал мощный стимул развертыванию советской атомной программы.

ПОСЛЕДНЯЯ ПОПЫТКА СТИМСОНА

После бомбардировок Хиросимы и Нагасаки и капитуляции Японии Генри Стимсон, собираясь уже в отставку с поста военного министра, предпринял последнюю попытку продвинуть решение вопроса о международном контроле над атомной бомбой. Стимсон пришел к выводу о необходимости договориться об этом в первую очередь напрямик с Советским Союзом. 11 сентября 1945 г. он направляет Трумэну меморандум, в котором настойчиво призывает его предпринять «прямое» обращение к Советам. «Такое обращение, — писал Стимсон, — могло бы в более конкретном плане повести к предложению о прекращении нами работ над дальнейшим усовершенствованием и производством бомбы в качестве оружия войны при условии, что русские и британцы поступят аналогичным образом».

Далее следует наиболее важная часть меморандума: «Я считаю, возможно, самым главным из всех иных соображений, чтобы это обращение к России было сделано как предложение США, поддержанное Великобританией, но, прежде всего, как предложение США. Действия какой-либо международной группы государств, включающей множество малых стран, которые не проявили потенциальной силы или ответственности в этой войне, не будут, по моему мнению, серьезно восприняты Советами».[30]

Первоначальная реакция Трумэна была как будто положительной. Однако его новый государственный секретарь Джеймс Бирнс был ярым сторонником сохранения американской атомной монополии. Обсуждение меморандума Стимсона состоялось 21 сентября, в его последний день на посту военного министра: он уходил в отставку.

Зам. госсекретаря Дин Ачесон (Бирнс был в Лондоне на СМИДе — Совете министров иностранных дел, учрежденном на Потсдамской конференции для подготовки мирных договоров с бывшими вражескими государствами и решения вопросов послевоенного урегулирования) поддержал Стимсона, но, как позднее писал в своих мемуарах, «обсуждение оказалось не достойным предмета дискуссии».[31] Заседание не пришло к какому-либо окончательному решению, но Трумэн поддержал Бирнса, который высказался против раскрытия атомных секретов Советскому Союзу и за передачу атомной проблемы в ООН, очевидно полагая, что в этой организации не придется делиться конкретной информацией об атомном оружии и все дело можно будет потопить в бесконечных дискуссиях.

Предложение администрации Трумэна о передаче атомной проблемы в ООН было поддержано и правительством Эттли, хотя еще в августе британский премьер считал, что единственным курсом, который давал бы надежду, были бы «совместные действия США, Соединенного Королевства и России, основанные на действительно реальном подходе к делу».

СОВЕТСКИЙ АТОМНЫЙ ПРОЕКТ

Сталину стало совершенно ясно: разрушение Хиросимы и Нагасаки американскими атомными бомбами показало, что США на деле обладают невиданной доселе мощью — ядерным оружием — и могут ею распоряжаться в качестве инструмента преобладающей силы, что будет угрожать планам социалистического строительства в СССР и препятствовать идеям распространения коммунистического влияния в мире. Советскому руководству было очевидно, что Советский Союз должен положить конец монополии Соединенных Штатов на ядерное оружие и создать в противовес США свою собственную атомную бомбу.

В Советском Союзе еще в тяжелые годы войны — в 1942 году — были сделаны первые шаги к началу работ по овладению атомной энергией. Толчком к этому послужили предложения самих советских ученых и сведения, полученные разведкой, главным образом от немецкого ученого Клауса Фукса — участника атомных исследований в Англии и США, который добровольно предложил передавать Советскому Союзу данные об атомных работах в

США и на Западе (они в обобщенном виде были доложены Сталину в записке Л.П. Берии от 10 марта 1942 г.).[32]

Как рассказывает зам. председателя Совета Народных Комиссаров СССР М.Г. Первухин в своих воспоминаниях, направленных в Политбюро ЦК КПСС в мае 1967 г., В.М. Молотов пригласил его к себе и ознакомил с полученными сведениями. По рекомендации директора Ленинградского физико-технического института А.Ф. Иоффе были вызваны молодые ученые И.В. Курчатов, А.И. Алиханов и И.К. Кикоин, которые подготовили письменное заключение с предложением организовать широкие работы по ядерной физике. 15 февраля 1943 г. было принято решение о создании Лаборатории № 2 АН СССР под руководством Курчатова.[33] Однако, в широких масштабах советский атомный проект развернулся лишь после окончания войны — после известного разговора Трумэна со Сталиным и атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки.

20 августа 1945 г. Государственный Комитет Обороны СССР образовал Специальный комитет под председательством Л.П. Берии и Первое Главное Управление при СНК СССР во главе с Б.Л. Ванниковым.[34]

Вскоре после принятия этого постановления, решительно ускорившего атомные работы в Советском Союзе, состоялись первые контакты между руководителями внешнеполитических ведомств СССР и США, на которых они обменялись первыми «любезными» залпами зарождающейся атомной дипломатии.

Уезжая в Лондон на Совет министров иностранных дел, открывавшийся 11 сентября, Бирнс, по замечанию Стимсона, «походил на человека, державшего, так сказать, бомбу в кармане брюк, как мощное орудие для решения стоявших проблем».[35] Молотов тоже держал бомбу, но пока что только в уме. Вопрос об атомной энергии формально на повестке дня СМИДа не стоял, но советский министр сам его затрагивал, не раз как бы в шутку задавая госсекретарю один и тот же вопрос, не привез ли тот с собой «бомбу в кармане». По общему признанию, сентябрьский СМИД завершился практически безрезультатно.

Однако, более нюансированно в этот период держался с американскими представителями И.В. Сталин. В беседе с послом США А. Гарриманом 26 октября советский руководитель, «несмотря на ряд резких высказываний» в адрес администрации США, вел разговор в «спокойной и открытой манере».[36] Сталин, судя по всему, стремился вести дело таким образом, чтобы США, обладая атомной монополией, не могли извлечь из нее политические выгоды, пока Советский Союз отставал в развитии атомной энергии.

СОЗДАНИЕ КОМИССИИ ООН ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Взяв курс на передачу вопроса об установлении международного контроля над атомной энергией в ООН, администрация США договорилась с правительствами Англии и Канады о совместной декларации Трумэна, Эттли и премьер-министра Маккензи Кинга, в которой предлагалось создание Комиссии ООН по атомной энергии. Декларация была принята на совещании трех руководителей в Вашингтоне 15 ноября 1945 г. При этом имелось в виду, что пять постоянных членов Совета Безопасности и Канада возьмут на себя инициативу

выступления с предложением на этот счет на первой сессии Генассамблеи ООН, намечавшейся на январь 1946 года.

«Мы в самом начале заявляем, — говорилось в декларации трех стран, — о нашей готовности, в качестве нашего первого вклада, приступить к обмену основной научной информацией и взаимному обмену учеными и научной литературой в мирных целях с любой страной, которая захочет ответить тем же <...>.

Мы не убеждены, что распространение специальной информации относительно практического применения атомной энергии до того, как будет возможно обеспечить эффективные, основанные на взаимности, и действительно осуществимые гарантии, приемлемые для всех стран, поможет конструктивному разрешению проблемы атомной бомбы.

Мы считаем, что в противном случае это может иметь обратный эффект. Мы готовы, однако, поделиться на базе взаимности с другими Объединенными Нациями подробной информацией относительно практического промышленного применения атомной энергии, как только могут быть созданы эффективные, действительно существенные гарантии против использования атомной энергии в разрушительных целях.

Работа комиссии должна проводиться по отдельным этапам, успешное завершение каждого из этих этапов будет развивать необходимое доверие во всем мире до того, как будет начат следующий этап.»

Трехсторонней декларацией, таким образом, определялись основные параметры позиции западных держав по атомной энергии в ООН, а именно, акцент делался на установление контроля в рамках этой организации и на поэтапное решение атомной проблемы.

На московском СМИДе (16-27 декабря 1945 г.) Бирнс передал Молотову предложение США о создании Комиссии ООН по атомной энергии. Комиссия учреждалась бы Генеральной Ассамблеей в составе членов Совета Безопасности и Канады, если последняя не является членом Совета. В ее компетенцию входило бы внесение предложений относительно контроля над атомной энергией для обеспечения ее использования исключительно в мирных целях, изъятия из национальных вооружений атомного и других видов оружия массового разрушения, эффективных гарантий в виде инспектирования и других способов защиты государств, выполняющих условия соглашения, от опасностей, связанных с нарушениями.[37]

22 декабря Молотов объявил, что у него имеется свой встречный проект: «Советская делегация присоединяется к предложению американской делегации о создании комиссии по атомной энергии. Советское правительство согласно также с тем, чтобы пять постоянных членов Совета Безопасности, совместно с Канадой, взяли на себя инициативу выступления с этим предложением на первой Ассамблее Организации Объединенных Наций в январе 1946 г. Советское правительство предлагает внести одно изменение в американское предложение. Советское правительство предлагает, чтобы учреждаемая Организацией Объединенных Наций комиссия по атомной энергии была подчинена Совету Безопасности. Это соответствует Уставу Объединенных Наций,

поскольку на Совет Безопасности возложена главная ответственность за поддержание международного мира и безопасности». В предложенном Молотовым проекте прямо говорилось, что комиссия «будет состоять при Совете Безопасности и работать под его руководством».[38]

Бирнс выразил «удовлетворение сотрудничеством со стороны советского правительства в этом серьезном вопросе».[39] На следующий день Бирнс внес пересмотренный текст, который учитывал советское контрпредложение. США согласились с тем, чтобы комиссия представляла свои доклады Совету Безопасности, однако высказались против того, чтобы она состояла при Совете и работала под его руководством. 24 декабря, после внесения некоторых дополнительных изменений и уточнений, проект резолюции был согласован.[40]

Решение о создании Комиссии ООН по атомной энергии было принято без больших споров. Предложение Советского Союза относительно большей привязки комиссии к Совету Безопасности, в котором действует право вето постоянных членов, не встретило возражений со стороны западных держав.

Все участники встречи, и особенно США, были удовлетворены тем, что проблема атомной энергии передается на рассмотрение только что созданной международной организации. В тот период было много эйфории по поводу учреждения всемирной организации по поддержанию мира, и все же представляется, что подоплекой столь быстро достигнутого согласия было общее для всех трех правительств понимание того, что передача вопроса в ООН никак не помешает национальным планам развития атомной инфраструктуры. Как справедливо считает историк Дэвид Холлоуэй, Сталин и Молотов «вряд ли могли ожидать большой пользы от комиссии ООН».[41] Более того, тремя державами предполагалось, что дискуссии в ООН по вопросам атомной энергии будут даже удобными с точки зрения камуфлирования их подлинных намерений относительно дальнейшего строительства своей атомной промышленности.

В ходе московского СМИДа имел место любопытный эпизод, приоткрывающий линию Сталина в его отношениях с США по атомной проблеме. Если при первом официальном известии от США об атомной бомбе, хотя и сообщенном в завуалированной форме во время Потсдамской конференции, он отреагировал на него двусмысленно, то теперь, после того как в конце августа было принято решение о скорейшем создании советской атомной бомбы, Сталин уверенно и даже демонстративно заговорил о значении атомной энергии.

В архиве МИД РФ хранится документ, врученный Бирнсом Молотову 26 декабря: «Генералиссимус Сталин послал через доктора Конэнта свои самые сердечные поздравления американским ученым по случаю их достижений в деле получения атомной энергии. При этом он выразил надежду, что это открытие будет иметь большое значение для будущего не как орудие войны, а в связи с техническими проблемами промышленности в мирное время».[42]

Джеймс Конэнт участвовал в московском СМИДе в качестве научного советника американского госсекретаря. Во время дипломатического приема Молотов стал подшучивать над Конэнтом — не привез ли тот в своем кармане атомную бомбу. Сталин резко прервал наркома иностранных дел: не пристало шутить над достижениями американской науки и произнес тост в честь

научных успехов западных ученых. Он при этом сказал: «Мы должны работать совместно, чтобы это великое открытие было использовано для мирных целей».[43]

Сталин явно не хотел показать, что он каким-то образом озабочен появлением у США атомного оружия.[44] В американской делегации существовало мнение, разделявшееся и Конэнтом, что Сталин, возможно, инсценировал весь эпизод.[45] Судя по всему, Сталин посчитал необходимым и в письменной форме зафиксировать свой подход к тому, что научные достижения в атомной области — дело важное, если они направлены на мирные цели. Не в последнюю очередь Сталин, возможно, хотел создать перед западными странами впечатление, что широко разворачивавшиеся тогда в Советском Союзе работы по атомной проблеме, о чем те не могли не знать, преследуют «мирные цели».

Резолюция Генеральной Ассамблеи была принята по предложению шести государств — США, СССР, Англии, Франции, Китая и Канады 24 января 1946 г. В компетенцию Комиссии ООН по атомной энергии входила подготовка предложений:

«а) относительно распространения между всеми странами обмена основной научной информацией в мирных целях;
b) относительно контроля над атомной энергией, в объеме, необходимом для обеспечения использования ее только в мирных целях;
c) относительно исключения из национальных вооружений атомного оружия и всех других основных видов вооружения, пригодных для массового уничтожения;
d) относительно эффективных мер предосторожности, путем обследования и применения других методов для защиты государств, соблюдающих соглашения, от возможных нарушений и уклонений»[46].

«ПЛАН БАРУХА»

После создания Комиссии ООН по атомной энергии перед администрацией США и советским руководством встала задача подготовки своих предложений к заседаниям комиссии.

В США комитет по подготовке предложений возглавил зам. государственного секретаря США Дин Ачесон, в него вошли Ванневар Буш, Джеймс Конэнт, Лесли Гровс и Джон Макклой. При комитете была образована группа консультантов во главе с Дэвидом Лилиенталем, который позднее стал первым председателем Комиссии США по атомной энергии. В группу консультантов вошли ученые и специалисты, и в том числе научный руководитель Манхэттенского проекта Роберт Оппенгеймер, который, по свидетельству Эдварда Теллера, играл самую активную роль в разработке американского плана и «практически сам подготовил предложение и убедил весь комитет в его эффективности».[47] План был единогласно одобрен всеми членами комитета, включая Лесли Гровса (американские исследователи отмечали, что последний подписал его, считая, что русские никогда не согласятся на американское предложение), и представлен госсекретарю 16 марта 1945 г. Он получил название плана Ачесона-Лилиенталя.[48]

В плане подчеркивалось, что «главная сложность проблемы — в соперничестве между государствами в развитии атомной энергии, которая легко может быть переключена на цели разрушения». Отсюда вывод о необходимости создания единого международного органа, который один только будет полномочен осуществлять деятельность, связанную с атомным оружием. План предусматривал учреждение международного Органа по развитию атомной энергии (Atomic Development Authority), в функции которого входили бы:

В области сырьевых материалов — полный контроль над мировыми запасами урана и тория на правах владения или лизинга, при этом международный орган осуществлял бы их добычу.

По промышленным предприятиям — строительство и эксплуатация атомных реакторов и заводов по разделению изотопов (типа Хэнфордских и Окриджских).

Научно-исследовательская деятельность — международный орган осуществляет такую деятельность, в том числе и в отношении атомных взрывных устройств, поскольку «исследования в области атомных взрывных устройств, возможно, выявят побочные результаты, которые окажутся полезными для мирной деятельности».

Лицензирование — международный орган, располагая собственностью на урановые и ториевые рудники и на производимые расщепляющиеся материалы, выдает лицензии на их использование.

Инспекционная деятельность — такая деятельность будет занимать «существенное место», дабы избегать «переключения и уклонения». Развитие атомной энергии и контроль за ее использованием должны быть «нераздельными» функциями.

Обращение в ООН, в частности в Совет Безопасности, будет осуществляться по решению международного органа. Возможно, будет желательно участие вооруженного персонала ООН для охраны атомных предприятий.

В докладе Ачесона-Лилиенталя подчеркивалось, что хотя «сегодня США располагают монополией на атомное оружие», такая монополия не может быть «перманентной». «Международный контроль подразумевает принятие с самого начала того факта, что наша монополия не может быть длительной». Члены комитета указывали на важность принятия «принципиальных решений высшей политики», одно из которых будет касаться вопроса о том, «в течение какого периода времени Соединенные Штаты будут продолжать производство бомб. План не требует, чтобы США прекратили такое производство после внесения плана или после начала деятельности международного органа. На каком-то этапе осуществления плана это потребуется». Ачесон исходил из того, что полное осуществление плана потребует 5-6 лет.[49]

Однако, дальнейшие события приняли иной оборот. Уже в день представления доклада Бирнсу последний сообщил Ачесону, что Трумэн выбрал известного банкира Бернарда Баруха своим представителем в Комиссии ООН по атомной энергии. Ачесон и Лилиенталь «были в ужасе». Ачесон пытался убедить госсекретаря не делать этого назначения, а Лилиенталь писал в своем дневнике: «Мне стало дурно. Нам нужен был молодой (Баруху исполнилось 75 лет),

энергичный и честолюбивый человек, с тем чтобы русские почувствовали, что он не будет стремиться загнать их в угол и не будет безразлично относиться к международному сотрудничеству. У Баруха эти свойства отсутствовали».[50]

Барух начал с того, что убедил Трумэна внести два коренных изменения в план Ачесона-Лилиенталя: во-первых, на деятельность международного органа не будет распространяться правило единогласия постоянных членов Совета Безопасности (право вето), и, во-вторых, этот орган будет обладать полномочиями принятия принудительных мер против возможных нарушителей в обход Совета Безопасности, который по Уставу является единственным международным механизмом, располагающим такими полномочиями. Предложения Баруха были одобрены Трумэном.

Измененный американский план поэтапного установления международного контроля (получивший название «плана Баруха») был внесен Соединенными Штатами на первом заседании комиссии ООН 14 июня 1946 г. Этот план был заранее обречен на провал. Не будучи реалистичным, он, собственно говоря, и не был рассчитан на серьезный диалог. Сам Ачесон, вскоре ставший государственным секретарем США, считал, что выдвинутые Барухом условия делали план «обреченным на неизбежный провал». «Незамедлительное, быстрое и верное наказание» нарушителей, о котором провозглашало выступление Баруха в комиссии ООН, означало бы «войну», как сказал сам Барух американскому президенту.[51]

Конэнт, несмотря на приглашение Баруха и уговоры Бирнса, отказался войти в состав делегации США в комиссии ООН. В письме Баруху накануне начала переговоров он предрекал, что все дело закончится катастрофическим провалом. «<...> Этот план <...> в высшей степени опасный курс действий, если мы не готовы вести превентивную войну (против России). А после того, как мы выиграем войну, что тогда?»[52] Даже Трумэн позднее признавался своему госсекретарю, что, выбрав Баруха, он совершил «самую серьезную ошибку, которую когда-либо делал».[53]

Роберт Оппенгеймер, по свидетельству Дэвида Лилиенталя, вошел в состав делегации США в комиссии ООН, чтобы довести до ее понимания фактическую сторону дела. Но с большим разочарованием он обнаружил, что мало что может сделать в этом отношении. Он считал, что частично проблема состояла в том, что Барух и его команда просто не понимали плана. Кроме того, он увидел, что «озабоченность Баруха по поводу ‘наказания’ и ‘вето’ наделали много вреда, так что было мало обсуждения или даже вообще не было обсуждения существа плана». Но не меньше беспокойства вызывало у Оппенгеймера то, что ему не с кем было вести разговор с другой стороны. «Громыко, — писал в своих дневниках Лилиенталь, — не имел никаких полномочий для переговоров, а лица, имевшие полномочия, не были известны, никто не мог установить с ними диалог и никто не мог быть уверен, что эти лица знали из первых рук, о чем вообще идет речь».[54]

Конечно, по большому счету стратегической подоплекой «плана Баруха» служил складывавшийся новый послевоенный курс США в отношении Советского Союза, который в дальнейшем получил название политики «удержива-

ния» СССР («containment»). Официально Трумэн ее провозгласил в своем послании конгрессу в марте 1947 г. («доктрина Трумэна»).

Уже в тот день, когда резолюция о создании комиссии по атомной энергии принималась Генеральной Ассамблеей ООН, Пентагон объявил о плане проведения ядерных испытаний на атолле Бикини в Тихом океане, а через две недели после внесения «плана Баруха» в Тихом океане началась серия испытаний.[55] А тем временем в штабе ВВС уже вынашивались идеи использования атомного оружия в качестве средства сдерживания через устрашение (deterrence). Показательно также, что именно в это время конгресс США одобрил закон Макмагона 1946 г., который имел далеко идущие международные последствия. «Он отражал чисто националистический подход к атомной энергии, закрепив политику секретности и отказа и определив в качестве закрытых сведений любую информацию, относящуюся к производству или использованию расщепляющихся материалов».[56] Запреты, вводимые законом Макмагона, распространялись как на военные, так и на мирные применения. «<...> До тех пор пока Конгресс не объявит, что эффективные и готовые к осуществлению международные гарантии не будут установлены, не должно быть обмена информацией с другими государствами в отношении применения атомной энергии для промышленных целей».[57]

ПРЕДЛОЖЕНИЕ СССР О ЗАПРЕЩЕНИИ АТОМНОГО ОРУЖИЯ

А как формировался подход руководства СССР к рассмотрению атомной проблемы в ООН и, вообще, как развивалась советская ядерная политика в условиях американской атомной монополии и предпринимавшихся тогда в СССР лихорадочных усилий по созданию атомного оружия?

Сталин поручил Молотову сделать первое официальное заявление по атомному вопросу, пустить, так сказать, «пробный шар», самому пока оставаясь в тени. Выступая 6 ноября 1945 г., Молотов заявил:

«Не может быть технических секретов большого масштаба, которые могли бы остаться достоянием какой-либо одной страны или какой-либо одной узкой группы стран. Поэтому открытие атомной энергии не должно бы поощрять ни увлечений насчет использования этого открытия во внешнеполитической игре сил, ни беспечности насчет будущего миролюбивых народов».[58]

В выступлении Молотова был намек на то, что в Советском Союзе идет работа над раскрытием атомного секрета, и в то же время можно было почувствовать даже элемент предупреждения обладателям атомной монополии, правда довольно завуалированный. Первое официальное выступление Сталина было еще более осторожным, но все же проникнутым стремлением вселить уверенность в сознание советских людей в условиях владения Соединенными Штатами ядерным оружием. Он ограничился следующим высказыванием в своем выступлении перед избирателями 9 февраля 1946 г.: «Я не сомневаюсь, что если окажем должную помощь нашим ученым, они сумеют не только догнать, но и превзойти в ближайшее время достижения науки за пределами нашей страны».[59]

В обстановке нараставшей напряженности отношений с Западом советское правительство на заседании комиссии ООН 19 июня внесло проект конвенции

о запрещении ядерного оружия. Основные положения этого проекта сводились к следующему:
1) запрещение производства и применения атомного оружия при каких бы то ни было обстоятельствах;
2) уничтожение в трехмесячный срок всех запасов готовой и незаконченной продукции атомного оружия;
3) признание того, что нарушение данных положений является тягчайшим международным преступлением против человечества;
4) суровая наказуемость за нарушение данных положений на основе законов, которые будут изданы договаривающимися государствами.[60]

Как и «план Баруха», советский проект также не отличался реалистическим подходом. Предложения обеих держав были диаметрально противоположны и, соответственно, были взаимно отвергнуты.

Одновременно и в советской пропаганде, и во внутренних документах проводилась линия на ужесточение отношений с США и другими западными странами. Довольно откровенную оценку московских умонастроений дал в интервью американской радиокомпании Си-би-си 18 июня 1946 г. зам. министра иностранных дел М.М. Литвинов, который вскоре был отправлен в отставку. Литвинов, сторонник послевоенного советско-американского сотрудничества, с огорчением констатировал, что разногласия между Востоком и Западом зашли слишком далеко, чтобы можно было достичь примирения. Причина, по его мнению, заключается в том, что в Москве верх взяла концепция о «неизбежности конфликта между коммунистическим и капиталистическим мирами <...>. В СССР сейчас вернулись к устаревшей концепции географической безопасности». Корреспондент Си-би-си не решился передавать это интервью по каналам своей радиовещательной компании, ограничившись тем, что сообщил о нем американскому посольству в Москве.[61]

После того, как Советский Союз развернул широкомасштабные работы по созданию атомной бомбы, но еще не овладел ее производством, советское руководство в своих публичных высказываниях стремилось принизить стратегическое значение ядерного оружия и тем самым замаскировать перед народом и мировым сообществом свою озабоченность американской монополией на бомбу. Однако, в своих публичных выступлениях и интервью по атомной проблеме Сталин держался достаточно осмотрительно, явно не желая антагонизировать американскую администрацию в период, когда советский атомный проект еще только набирал силу. Так, в интервью от 23 октября 1946 г. московскому корреспонденту «Sunday Times» Александру Верту он говорил:

Вопрос: Считаете ли Вы, что фактически монопольное владение США атомной бомбой является одной из главных угроз миру?

Ответ: Я не считаю атомную бомбу такой серьезной силой, какой склонны ее считать некоторые политические деятели. Атомные бомбы предназначены для устрашения слабонервных, но они не могут решать судьбы войны, так как для этого совершенно недостаточно атомных бомб. Конечно, монопольное владение секретом атомной бомбы создает угрозу, но против этого существуют, по крайней мере, два средства:

а) монопольное владение атомной бомбой не может продолжаться долго;
б) применение атомной бомбы будет запрещено.[62]

В интервью с сыном бывшего президента Эллиотом Рузвельтом от 21 декабря 1946 г., опубликованном журналом *Look*, Сталин сказал:

Вопрос: Если вы считаете, что Объединенные Нации должны контролировать атомную бомбу, то не должны ли они это делать путем инспекции, установления контроля над всеми исследовательскими институтами и промышленными предприятиями, производящими вооружение всех родов, и мирным использованием атомной энергии? (В этом месте Эллиот Рузвельт в скобках указывает: «Сталин немедленно задал вопрос: «Вообще ?». Я сказал: «Да, но, в частности, согласна ли Россия в принципе с таким планом?»»).

Ответ: Конечно. Но на основе принципа равенства для России не должны делаться никакие исключения. Россия должна подчиняться тем же правилам инспекции и контроля, как и любые другие страны. (В этом месте Рузвельт в скобках указывает: «В его ответе не было никакого колебания. И вопрос о резервации права вето не был даже упомянут»).[63]

Можно констатировать, что советское руководство в период американской атомной монополии в целом держалось достаточно предупредительно в атомных вопросах, маневрировало, на словах признавая значение международного контроля, и определенно избегало провоцировать США на какие-либо опрометчивые действия.

Но в частной беседе в декабре 1947 г. с Милованом Джиласом, одним из югославских лидеров (дело было до размолвки Сталина с Тито), советский руководитель с нескрываемым восхищением говорил об атомной бомбе: «Это — могущественная штука, мо-гу-щест-венная!» Джилас делится своими впечатлениями от разговора с советским руководителем: «Выражение его лица было полно восторга, и можно было видеть, что он не успокоится, пока у него тоже не будет «могущественная штука»».[64]

Известное заявление Молотова 6 ноября 1947 г. о том, что «секрета атомной бомбы давно уже не существует», в общем-то соответствовало истине, т.к. в декабре 1946 г. был запущен первый исследовательский ядерный реактор малой мощности Ф-1, но до пуска первого промышленного реактора «А» в Челябинске-40 оставалось еще много времени. На проектную мощность он был выведен в июне 1948 года.[65]

РАБОТА КОМИССИИ ООН ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Уже с самого начала работы Комиссии ООН, после внесения Соединенными Штатами «плана Баруха» и Советским Союзом — проекта конвенции о запрещении и уничтожении атомного оружия, между двумя державами возникли неразрешимые противоречия. Советская сторона усматривала в американском предложении попытку увековечить атомную монополию США, а американское руководство видело в советской конвенции стремление лишить США важного инструмента проецирования своего влияния и могущества в мире.

Стороны оказались неспособными завязать серьезный разговор на тему о роли ядерного оружия в послевоенном мире в то время, когда, может быть,

еще сохранялись какие-то возможности для такого разговора. Во всяком случае, тогда у США было всего несколько атомных бомб, а в Советском Союзе работы над созданием ядерного оружия еще только развертывались.

Между тем, со стороны как американских, так и некоторых советских ученых и специалистов предпринимались попытки помочь завязыванию диалога о контроле над атомной энергией. Интересные, хотя и не очень реалистические мысли о том, как продвинуть переговоры, высказывал в кругу американской делегации Джеймс Конэнт, который после ухода Бернарда Баруха согласился занять пост консультанта преемника Баруха генерала Осборна. Конэнт предложил либо вообще отказаться от развития атомной энергии, либо установить мораторий, дабы добиться запрета на создание и хранение атомного оружия. Он высказывался за то, чтобы создать «временный механизм», который бы осуществил полное уничтожение американских атомных запасов, как только предлагаемый по «плану Баруха» международный орган по атомной энергии приступил бы к своей деятельности. Предложение Конэнта принято не было.[66]

Существенный интерес представляет предложение по международному контролю академика Д.В. Скобельцына, советника советской делегации в Комиссии ООН по атомной энергии, который в докладной записке на имя В.М. Молотова и Л.П. Берии от 12 октября 1946 г., в частности, писал:

«Слабость нашей позиции заключается в том, что она дает основания для предположений, что мы якобы отвергаем самую идею контроля <...>. Между тем, при создавшемся положении мы ведь, в сущности, имеем больше оснований требовать установления контроля, чем Америка. Вполне мыслимы такие варианты системы контроля, которые были бы весьма обременительны и стеснительны для Америки, с имеющимся уже у нее крупным производством, и, вместе с тем, весьма мало связали бы нас на довольно длительный период времени в будущем <...>.

Наша концепция контроля основывалась бы на том, что этот контроль должен действовать в отношении крупных предприятий, которые уже имеются в Америке...Но в отличие от американского плана, мы вовсе не будем предусматривать распространение контроля на исследовательскую деятельность, направленную на достижение другими странами того уровня, который уже достигла Америка».

Из записки Скобельцына с очевидностью следует, что он пытался втянуть советское руководство в серьезное обсуждение с США вопроса о международном контроле над атомной энергией. Чтобы сделать свое предложение максимально привлекательным для руководства, академик отмечал в своей записке: «Если предложить такую систему контроля, которая не предусматривала бы запрещение или подконтрольность исследовательской деятельности в области производства атомной энергии, то, вероятно, было бы возможно ликвидировать наше отставание прежде, чем система контроля была бы приведена в действие в отношении нас». И далее: «Если бы было заключено соглашение о таком контроле над заводами, которые у нас появятся лишь в будущем, но которые уже существуют в Америке, то в течение длительного времени такая

система контроля была бы в сущности односторонней, направленной против Америки. В таком случае, она, вероятно, и не была бы принята США. Однако, наша позиция в области международной «атомной политики» стала бы более сильной».[67]

Записка Скобельцына встретила поддержку со стороны руководства. Можно со значительной степенью уверенности полагать, что соображения, выдвинутые Д.В. Скобельцыным, были использованы при подготовке предложений СССР по установлению контроля над атомной энергией. Эти предложения, внесенные на рассмотрение Комиссии по атомной энергии 11 июня 1947 г., предусматривали весьма широкие функции по инспекции и контролю, не затрагивая, однако, научно-исследовательских работ. В них подчеркивалось, что государства, подписавшие конвенцию о запрещении атомного оружия, «должны иметь право проводить без ограничений научно-исследовательскую работу в области атомной энергии, направленную на изыскание способов использования ее в мирных целях».[68]

Советские предложения по контролю оказались, однако, запоздалым шагом. Как сообщал в Париж на следующий день после их внесения научный советник французской делегации Бертран Гольдшмидт, «план был новой уступкой Советов, и если бы он был внесен на год раньше, то оказал бы большое влияние <...>. Я не думаю, что общее соглашение по этой (атомной) проблеме когда-либо может быть достигнуто, но шанс на его достижение увеличился с одного из 10 тысяч до одного из 50, а поскольку это все же шанс избежать войны, он заслуживает серьезного изучения.»[69]

Советские предложения по контролю были официально отклонены Соединенными Штатами в апреле 1948 г. с мотивировкой, что они не предусматривали достаточного, с точки зрения США, контроля и, к тому же, деятельность предлагавшейся СССР контрольной комиссии подпадала бы под вето постоянных членов Совета Безопасности ООН. Советская сторона к этому времени также пришла к выводу, что переговоры зашли в полный тупик. Просуществовав бесславно около трех лет, Комиссия ООН по атомной энергии прекратила свое существование в 1949 году.

Разумеется, основной причиной прекращения работы Комиссии ООН по атомной энергии был крах американской атомной монополии. Советский Союз произвел ядерный взрыв 29 августа 1949 г., и первыми оповестили о нем 23 сентября американцы. Сообщение ТАСС о взрыве последовало 25 сентября. В нем безосновательно утверждалось, что заявление Молотова от 6 ноября 1947 г. о том, что секрета атомной бомбы «давно уже не существует» означало, что Советский Союз «имеет в своем распоряжении это оружие». В действительности же первый промышленный атомный реактор для наработки плутония в Челябинске-40 был пущен в эксплуатацию только в июне 1948 г. Что касается обогащения урана, то газодиффузионный комбинат № 813 получил уран с 75%-ным обогащением тоже в 1948 г. Этот уран поступал на дообогащение на завод № 418, где он доводился методом электромагнитного разделения изотопов до более чем 90%-ного обогащения, и использован во второй советской бомбе (урановой) в 1951 г.[70]

В сообщении ТАСС от 25 сентября содержалась и другая неправда: в нем делалась попытка создать впечатление, что произведенный 29 августа первый советский атомный взрыв был не единственным ядерным испытанием. В сообщении говорилось, что «в Советском Союзе, как известно, ведутся строительные работы больших масштабов — строительство гидростанций, шахт, каналов, дорог, которые вызывают необходимость больших взрывных работ с применением новейших технических средств. Поскольку эти взрывные работы происходили и происходят довольно часто в разных районах страны, то возможно, что это могло привлечь к себе внимание за пределами Советского Союза».

Дело, конечно, в том, что реальные запасы атомного оружия США никак не были сопоставимы с теми, которыми располагал СССР. Если США имели тогда десятки атомных бомб, то у Советского Союза были одна-две. Утверждают, что еще до испытания первой бомбы в различных удаленных уголках страны были устроены взрывы обычных взрывчатых веществ большой мощности, призванные имитировать испытания атомного оружия. Это делалось для того, чтобы убедить американских политиков в возможностях СССР нанести ядерный удар в случае атомного нападения. Раскрыть реальную дату испытания первого атомного заряда значило бы признать, что таких возможностей нет, и это, очевидно, представлялось недопустимым.[71]

При всей неуклюжести сообщения ТАСС, нельзя не учитывать, что советское руководство было действительно озабочено возможностью превентивного удара. Как потом стало достаточно широко известно, а Сталин, возможно был осведомлен об этом ранее, Пентагон имел чрезвычайные планы атомного удара по Советскому Союзу, как только у США появился достаточный, с точки зрения военных, запас атомных бомб. К концу 1947 г. США имели в боевой готовности 56 атомных бомб (50 плутониевых и 6 урановых), а ВВС — 35 бомбардировщиков В-29. Совет национальной безопасности США официально одобрил доктрину сдерживания через устрашение («deterrence») во время берлинского кризиса в ноябре 1948 г., постановив, что США должны «поднять уровень военной готовности, которая поддерживалась бы так долго, как это будет необходимо для сдерживания советской агрессии».[72]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, попытка поставить атомную энергию под международный контроль в первые годы после ее открытия успехом не увенчалась. Существовали ли для этого объективные возможности? Были ли эти возможности упущены или нет, либо их просто вообще не существовало? Вопрос не простой, он дебатируется уже много лет.

Немаловажным благоприятствующим фактором, правда в основном технико-инфраструктурного характера, было то обстоятельство, что вся к тому времени созданная или создававшаяся атомная промышленность и в США, и в СССР, и в Англии находилась по-первоначалу в руках государства, частные компании не приступили еще к развитию атомной энергетики, к широкому производству и применению радиоактивных изотопов. Да и сама военная атомная

инфраструктура была еще на начальной стадии развития. В СССР бурно развивались закрытые города, конструкторские бюро и атомные предприятия, но все же они были еще немногочисленны.

Что касается политических условий и объективных возможностей, то среди некоторой части американских историков и аналитиков существует мнение, что если бы Стимсон и Ачесон смогли настоять на прямом обращении к Москве осенью 1945 г., это могло бы изменить дело. И хотя Сталин уже в августе того года принял решение о создании советской атомной бомбы, его подчеркнуто осторожные заявления в 1946-47 гг., когда советский атомный проект только разворачивался, может быть, и подтверждают такую версию?

Американский историк проф. Джеймс Чейс считает, что если Рузвельт был бы жив, то такой поворот событий все же мог бы иметь место. Он полагает, что американский президент глубоко верил в необходимость тесного сотрудничества великих держав во имя предотвращения новой мировой войны. Стремясь избежать повторения бессилия и провала Лиги Наций, не смогшей предотвратить Вторую мировую войну, Рузвельт уже в начале войны обдумывал идею совместной ответственности великих держав за поддержание послевоенного мира и был главным проводником идеи создания ООН.

Ответил бы Сталин на инициативу о прямом диалоге, как это предлагал Стимсон и поддерживал Ачесон, и мог бы повести такой диалог к реальным результатам? Исключать этого полностью нельзя, но даже и в этом случае согласие Советского Союза на отказ от своей атомной программы и на установление международного контроля над атомной энергией также представляются маловероятными. Когда же Трумэн, Бирнс и Эттли предложили передать атомную проблему в ООН, перспектива американо-советского партнерства была неизбежно обречена на провал. Весьма характерно, что советское руководство без колебаний согласилось на создание Комиссии ООН по атомной проблеме, что также свидетельствовало об истинных намерениях Сталина.

Одним из главнейших факторов, предрешавших дальнейшее развитие событий, было принятие закона Макмагона 1946 года, который «был направлен на сохранение американской монополии путем секретности и отказа».[73]

В итоге мир оказался ввергнутым в изнурительную и взрывоопасную гонку ядерных вооружений. Судить о том, кто ее начал, вряд ли имеет смысл, да и невозможно назвать какую-нибудь одну сторону, на которую можно было бы навесить ярлык виновности. Судя по всему, она просто была неизбежна на этом этапе развития человеческого общества, разделенного на противоположные общественные системы.

Американский историк Артур Шлезингер полагает, что «холодная война была геополитической неизбежностью, учитывая тот вакуум власти, который создался в Европе в период Второй мировой войны». По его мнению, «переоценивается важность перехода власти от Рузвельта к Трумэну <...>. Если бы Рузвельт не умер, возможно, в условиях создавшегося вакуума власти американская политика еще более ужесточилась бы даже быстрее, чем при Трумэне. Ведь в 1940 году он (Рузвельт) называл Советский Союз одной из самых жестоких диктатур в мире».[74]

Каковы бы ни были причины возникновения «холодной войны» (а первопричиной было идеологическое противостояние, многократно усилившееся в связи с появлением после Второй мировой войны двух могущественных держав, одна из которых уже обладала абсолютным оружием, а другая быстро к этому шла), очевидно, что научно-техническое развитие и создание ядерного оружия радикально вмешались в ход истории. И найти ответ на этот технологический вызов ни обе «сверхдержавы», ни мир в целом не смогли. Обе державы не только не продемонстрировали зрелый государственный подход, но и заняли непримиримые позиции, что неизбежно привело к гонке вооружений.

С сожалением приходится констатировать и то, что те политические деятели, которые стояли у истоков атомной эры, за редким исключением, не подозревали и не предполагали, с какой грандиозной (и разрешимой ли вообще?) проблемой распространения ядерных технологий и ядерного оружия миру придется столкнуться уже начиная с 50-х — 60-х годов.

В этих условиях главным было и остается — извлечь уроки из того, что произошло, постараться найти в тех идеях и дискуссиях о международном контроле над атомной энергией, проходивших в 40-х годах, то полезное, что можно было бы применить в деле сейчас, когда, хотелось бы надеяться, появляются реальные возможности приблизить мир к устранению ядерного оружия из жизни человечества.

---

1 Хотя еще в письме от 2 августа 1939 г. Альберт Эйнштейн, по совету Лео Сциларда, призвал президента Рузвельта начать работы по созданию атомной бомбы, ссылаясь на то, что такие работы уже ведутся в Германии. Полный текст этого письма см.: «Создание первой советской ядерной бомбы». Гл. редактор В.Н. Михайлов, зам. гл. редактора А.М. Петросьянц, Москва, Энергоатомиздат, 1995, стр. 21-22.

2 Margaret Gowing, «Britain and Atomic Energy, 1939-1945». Macmillan, London, 1964, p. 398.

3 *Ibid.*, pp. 96-97.

4 McGeorge Bundy, «Danger and Survival. Choices about the Bomb in the First Fifty Years». Random House, New York, 1988, pp. 23-29.

5 Специальный округ инженерных войск под названием Манхэттенский, на который было возложено создание атомной бомбы, был создан по решению президента Рузвельта 13 августа 1942 г.

6 Testimony of General Groves in the Matter of J. Robert Oppenheimer, Transcript of Hearings before the Personal Security Board held in Washington, D.C., from April 12 to May 6, 1954, p. 173, Library of Congress, Washington, D.C. Цит. по: Valentin Berezhkov, «Origins of the Cold War: Lessons for Future U.S.-Russian Relations,» Occasional Paper № 4, Center for Russian and Eurasian Studies, Monterey Institute of International Studies, 1994, p. 11.

7 Margaret Gowing, «Niels Bohr and Nuclear Weapons,» In: «Niels Bohr. A Centenary Volume,» Harvard University Press, Cambridge MA and London, 1985, pp. 268-269.

8 Там же, стр. 23.

9 James G. Hershberg, «James B. Conant. Harvard to Hiroshima and the Making of the Nuclear Age,» Knopf, New York, 1993, p. 174. Конэнт продолжал и дальше выражать глубокий скептицизм в отношении участия англичан в Манхэттенском проекте. (*Op. cit.*, p. 182).

[10] Margaret Gowing, «Niels Bohr and Nuclear Weapons,» *Op. cit.*, pp. 268-269.
[11] Martin J. Sherwin, «A World Destroyed. Hiroshima and the Origins of the Arms Race», Vintage Books, New York, 1987, pp. 85-86.
[12] Margaret Gowing, «Niels Bohr and Nuclear Weapons,» *Op. cit.* p.270.
[13] Цит. по: Martin Sherwin, p. 284.
[14] Margaret Gowing, *Op. cit.* pp. 273-274.
[15] Richard G. Hewlett and Oscar E. Anderson, Jr. «A History of the United States Atomic Energy Commission. The New World. 1939/1946». The Pennsylvania State University Press, University Park, PA, 1962, pp. 329-330.
[16] Henry L. Stimson & McGeorge Bundy, «On Active Service in Peace and War,» Random House, New York, 1947, pp. 615-616.
[17] Peter Wyden, *Op. cit., p. 128.*
[18] Churchill to Eden on March 15, 1945, Premier 3, Record No.139/6 at Public Records Office, Library of Congress, Washington, D.C. Цит. по: V. Berezhkov, «Origins of the Cold War... «, p. 12.
[19] V. Berezhkov, *Ibid.*, p. 12.
[20] Margaret Gowing, *Op. cit.*, pp. 275-276.
[21] David Holloway, «Stalin and the Bomb». Yale Univ. Press, New Haver & London, 1994, p.120; James Hershberg, *Op. cit.*, p. 222.
[22] Richard G. Hewlett and Oscar E. Anderson, Jr. *Op. cit.* p.355.
[23] Между прочим, Трумэн добивался откладывания начала Потсдамской конференции с тем, чтобы использовать испытание бомбы в своей дипломатической игре. Это был первый акт «атомной дипломатии» (*Ibid.* p. 360).
[24] Помощник госсекретаря Чарльз Болен, который был переводчиком Трумэна, писал позднее американскому историку Г. Файсу: «Как я себе представляю и как мне помнится, хотя я и не могу припомнить никаких особых замечаний президента на этот счет, он хотел, чтобы сказанное им было воспринято как абсолютно непреднамеренная реплика, и поэтому, оставив меня, своего переводчика, позади, он приблизился к Сталину во время короткого перерыва или в конце заседания, с тем чтобы и сделать это. Важно отметить, что не я переводил сказанное президентом и поэтому не слышал, что он говорил». (Library of Congress. Herbert Feis papers. Box 14. Charles Bohlen to Feis. 1960, Jan. 25. Цит. по: В.Л. Мальков, «Манхэттенский проект». Москва. «Наука», стр.121-122).
[25] Harry S. Truman, «Memoirs». Vol. 1: 1945. Year of Decision. Signet Books, New York, 1965, p. 458.
[26] Anthony Eden, «The Reckoning». Houghton Mifflin, Boston, 1965, p. 635.
[27] В.Г. Трухановский, «Английское ядерное оружие». Москва, Изд-во «Международные отношения», 1985, стр. 23.
[28] Г.К. Жуков, «Воспоминания и размышления». Москва, Изд-во АПН, 1974, Том 2, стр. 418.
[29] Herbert Feis, «The Atomic Bomb,» Princeton, 1970, p. 102.
[30] Henry Stimson & McGeorge Bundy, *Op. cit.*, p. 645.
[31] Dean Acheson, «Present at the Creation. My Years in the State Department». Norton & Co., New York, 1969, p. 123.
[32] «Создание первой советской ядерной бомбы». Цит. соч., стр. 41-42.
[33] Там же, стр. 45.
[34] Полный текст решения ГКО см. там же, стр. 52-54.
[35] Дневники Стимсона, запись от 4 сентября 1945 г. Хранятся в Йельском университете. Цит. по: David Holloway, *Op. cit.* p. 155.
[36] National Archives. General Records of the Department of State. Decimal File. 1945-49. RG.59. Main File, 1945-49. Box 3428.711.61/10-2624. Harriman to Secretary of State. 1945, Oct. 26. Цит. по: В.Л. Мальков, Цит. соч., стр. 157.
[37] Архив внешней политики РФ, Ф. 0430, оп. 1, п. 1, д. 2, лл. 64, 68-71.

[38] Именно такой подход к предложению о создании комиссии ООН советовал Молотову занять зам. наркома по иностранным делам М.М. Литвинов, который в это время практически уже был не у дел, в записке на имя наркома от 29 ноября 1945 г. (АВП РФ ф. 06, оп. 8, п. 7, д. 91, лл. 1-3.)
[39] АВП РФ, Ф. 0430, оп. 1, п. 1, д. 2, лл. 157 и 166.
[40] АВП РФ, Ф. 0430, оп. 1, п. 1, д. 2, лл. 189-191.
[41] David Holloway, *Op. cit.*, p. 158.
[42] АВП РФ, Ф. 0430, оп. 1, п. 2, д. 17, л. 8.
[43] James G. Hershberg, «James B. Conant: Harvard to Hiroshima and the Making of the Nuclear Age». Knopf, New York, 1994. Цит. по: *The New Yorker*, January 10, 1994.
[44] Adam Ulam, «Stalin. The Man and his Era». Boston, 1989, pp. 631-632
[45] James Hershberg, *Op. cit.*, p. 255.
[46] Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН 1(I) от 24 января 1946 г.
[47] Edward Teller, «Revival of the Baruch Plan». (unpublished memorandum prepared for the Lawrence Livermore National laboratory), January 29, 1992, p. 1.
[48] A Report on the International Control of Atomic Energy. Department of State Publication 2498, Washington, D.C., March 16, 1946.
[49] Richard G. Hewlett and Oscar E. Anderson, Jr. *Op. cit.* p. 548.
[50] James Chace, *Op. cit.,* p. 140.
[51] James Chace, *Op. cit.,* p.141.
[52] James Hershberg, *Op. cit.*, p. 269-271.
[53] *Ibid.*, pp. 141-142
[54] David E. Lilienthal, The Journals of David E. Lilienthal, Vol. 2, Harper & Row, New York, 1964, pp. 69-70. Цит по: McGeorge Bundy, *Op. cit.*, p. 170.
[55] David Cortright, «The Coming of Incrementalism», *The Bulletin of the Atomic Scientists*, March/April 1996, p. 34. На эти испытания были приглашены по два наблюдателя от стран — членов Совета Безопасности. От СССР участвовали физик-ядерщик М.Г. Мещеряков и проф. С.М. Александров. Отчет Мещерякова и заснятый кинофильм были использованы при оснащении Семипалатинского полигона. Ученый принимал участие в подготовке и проведении первого атомного взрыва (А.К. Круглов, «Как создавалась атомная промышленность в СССР». Москва, ЦНИИатоминформ, 1995, стр. 152).
[56] Peter A. Clausen, *Op. cit.*, p. 14-15.
[57] Раздел 10(1) Закона Макмагона. Цит. по: Peter A. Clausen, *Op. cit.*, p. 15.
[58] *Известия,* 7 ноября 1945 г.
[59] *Известия*, 10 февраля 1946 г.
[60] Док. ООН AEC/31/Rev.1. Приводится по: Сборник предложений СССР, УССР, БССР, вносившихся в ООН в 1946 — 1950 гг., Москва, издание МИД СССР, 1952, стр. 2-4. (В дальнейшем: Сборник предложений СССР, УССР и БССР),
[61] National Archives (Wash., D.C.). R.G. 84. Foreign Service Posts of the Department of State. USSR Moscow Embassy. Top Secret Records from the Office of the Ambassador, 1943-50. Box 3. Цит. по: Батюк В., Евстафьев Д., «Первые заморозки. Советско-американские отношения в 1945-50 гг.». Москва, Российское университетское изд-во, 1995, стр. 69-70.
[62] *Большевик*, 1946, № 17-18, стр. 3.
[63] *Большевик*, 1947, № 1, стр. 2.
[64] Milovan Djilas, «Conversations with Stalin». Harcourt, Brace & World, 1962, p. 153.
[65] «Создание первой советской ядерной бомбы». Цит. соч., стр. 83.
[66] James Hershberg, *Op. cit.*, pp. 326 и 335.
[67] Записка Д.В. Скобельцына опубликована в *Вестнике МИД СССР*, № 13 (95), 15 июля 1991 г.
[68] Док. ООН AEC/31/Rev.1. Приводится по: Сборник предложений СССР, УССР и БССР, стр. 13-15.

[69] Bertrand Goldschmidt, «A Forerunner of the Non-Proliferation Treaty? The Soviet 1947 Proposals,» unpublished paper prepared for Niels Bohr Centennial in the University of Copenhagen, September 27-29, 1985, p. 9.

[70] «Создание первой советской ядерной бомбы». Цит. соч., стр. 283-284.

[71] «Советский атомный проект. Конец атомной монополии. Как это было..». Руководитель авт. коллектива Е.А. Негин, Нижний Новгород, изд-во «Нижний Новгород», 1995, стр. 180-181.

[72] Richard Rhodes, «Dark Sun. The Making of the Hydrogen Bomb». Simon & Schuster, New York, 1995, p. 342.

[73] Peter Clausen, *Op. cit.*, p. 2.

[74] *Международная жизнь*, 1990, № 10, стр. 132.

RESEARCH CULTURES IN NUCLEAR ARMS PROJECTS: A COMPARATIVE PERSPECTIVE

Rabkin Y.M., Rheaume C.

INTRODUCTION

The idea that science may have cultural variables had always bordered on sedition. The mainstream ideology of science, largely developed with physical sciences in mind, stipulates that science is essentially transnational. It used to be daring indeed to suggest that science could vary according to ethnicity, nationality, gender or ideology of scientists and of societies that harbor them. Until recently, attempts to look at science as a cultural artifact were limited mainly to totalitarian societies. Thus, the Soviet communists postulated the desirability of a proletarian science which caused severe harm to many scientists and undermined several scientific disciplines in the Soviet Union. Their *confrures* from the National Socialist Workers Party of Germany similarly came to distinguish between Jewish and Aryan science. The practical effects of his distinction were relatively short-lived. However, the collective memory of these excesses, usually initiated by scientists rather than by party hacks, endured for decades and put the question of cultural variables in science virtually beyond the pale. The trauma of totalitarian abuses of science was acute indeed. Moreover, the remnants of positivism and the elevation of science to the status of a religion contributed to the preservation of the image of science as a culture-blind, neutral and universal activity.

In fact, many scientists sought solace and refuge in science precisely because of its postulated indifference to culture, ethnicity or institutionalized religion. The history of science largely supported this view. The nationalist remark by Adolphe Wurtz that «Chemistry via a French science» or a vitriolic attack on German science published by British and French scientists during World War 1 used to be written off as emotional aberrations. Nowadays, most historians of science and a growing number of scientists accept the idea of cultural, national or religious aspects of science, which facilitates comparative analyses.

It is tempting to compare nuclear arms programmes in different countries since the objective of all of these efforts was essentially the same. Moreover, this objective was reached which distinguishes these projects from those in Germany, India, Israel, Iraq or Libya where nuclear bombs were either never built or never acknowledged. While there exist variations in the actual design of weapons, the programmes are eminently comparable. In this article we shall compare the cultures that characterize these massive national endeavors in science and technology.

A PREHISTORY OF NUCLEAR ARMS PROJECTS

Among the avowed producers of nuclear weapon, the USSR, China and France had an apparent cultural advantage in that these countries favored a massive centralized research system closely intertwined with the state. The culture of Soviet science grew from the imperial period. Peter the Great and most of his heirs had transplanted science onto the country's soil with the help of a strong government possessing a pronounced commitment to science as a strategic resource. The Soviet governments under Lenin and Stalin showed a remarkable degree of continuity in science policy thinking with respect to its imperial predecessors. Central research institutions were strengthened and expanded, a veritable empire of knowledge was built up prior to World War II, and Soviet science and scientists acquired prestige and privilege rarely matched elsewhere in the world. The Soviet research system, just as the rest of Soviet society, was permanently mobilized by the country's leaders who artfully fanned the fires of collective paranoia with respect to «the capitalist encirclement». In other words, the Soviet system was culturally the best prepared for the challenge of a nuclear weapons programme.

Both China and France had been influenced by the example of Soviet science. France, under the impetus from Paul Langevin, a prominent physicist and an admirer of sociopolitical experiments staged in the Soviet Union, created an approximate, albeit clearly more modest, replica of the Soviet Academy of Science in the period prior and after World War II. A national centre of scientific research, better known in the form of the French acronym the CNRS, was established in order to centralize science as an intrinsically valuable activity that would eventually benefit the entire society. Langevin was building on France's strong tradition of state patronage of science developed through several centuries.

The People's Republic of China had a science system virtually transplanted from the USSR, with the massive help from thousands of Soviet advisors who flocked into the country in the wake of the Communist takeover in 1949. While the Soviet-based system underwent some changes in the 1960s, it essentially retained its centralized character.

The two English speaking countries in the nuclear club had little cultural predisposition for a centralized secret scientific enterprise placed under the exclusive control of the military. In Great Britain the radar project served as a precursor of the nuclear arms project. While scientists had been employed by the state as early as World War I, the culture of their interaction among themselves and with the government retained most of the traits that had characterized British science in the preceding decades. Similarly, the American experience of mobilizing science and scientists for the service of the state was rather scarce. The involvement of the federal government in scientific affairs was sporadic, usually connected with the conduct of a war and, characteristically, of short duration. Even in the aftermath of World War II and the Manhattan project, the government was reluctant to institutionalize its commitment to science. It took the Korean War and, later, the Sputnik, to make the US government assume a major responsibility for the country's scientific affairs.

CULTURAL INNOVATIONS

A new type of laboratory emerged in the course of the nuclear arms projects in all the countries involved. Major characteristics of these new institutions were their large scale and the mixing of pure research and engineering in a cluster of hitherto separate disciplines. Thus came into being Big Science with its armies of researchers and often colossal equipment [1]. Between the two superpowers, the Soviet Union was certainly better prepared, culturally and institutionally, for such massive multidisciplinary endeavor.

Drawing from his work at the British and the Canadian atomic projects, as well as at the postwar nuclear project in France, physicist Lew Kowarski is one of the few who has looked at comparative aspects of nuclear projects. He considers that every highly industrialized country can develop such large scale undertakings. But reflecting on the American success, he observes that a favorable combination was needed, namely that of a high industrial level with the stimulus provided by the war and freedom from foreign occupation [2]. Advantages and disadvantages of various nations add up in a complex balance. Any single factor such as the presence of a certain useful industry or the absence of scientific tradition may not fatally impede a nuclear arms programme. This sheds light on less developed countries which have initiated nuclear arms programmes in recent decades. After an overview of the main cultural characteristics of these large-scale research projects, we shall analyze the diffusion of Big Science, paying particular attention to two countries whose nuclear arms projects have been relatively neglected in the historical literature: France and China.

An important characteristic of all the programmes was the recognition of a common aim that united all those who worked in the design of nuclear weapons. Social stratification of participants often fave way to an absorbing interest in the common achievement. The sharing of a common cause, an *esprit de corps* seems to have developed in all of the projects considered, in spite of significant differences between the national cultures concerned. This suggests that team work indispensable in projects of this nature engenders certain cultural traits, even when these are at variance with the ambient civilian and military cultures. «Fortunately, notes Kowarski, there is often an atmosphere of intimacy in which hierarchy may be allowed to become somewhat lax and lazy.»[3] Memoirs that have recently become available suggest that similar behavior could be observed in the Soviet programme located, as is well known, under the control of Lavrentii Beria, Stalin's henchman and hardly a liberal socialite. In the case of the Soviet Union, the relaxation of hierarchical and other norms of control had momentous consequences. Scientists came to realize that they may be the only group in the entire Soviet Union that became irreplaceable for the Soviet leaders. The conferral of this exceptional status later led to the emergence of political dissidents among scientists, which in turn played an important role in the disintegration of the Soviet Union [4]. Scientists made a major contribution to the acquisition by the USSR of the superpower status. But they also undermined the social foundations of the regime that had helped to prop.

Nuclear physicists not only acquired material and symbolic privileges but were surriciently powerful to protect imprisoned or exiled scientists. Geneticists persecuted in the aftermath of the Lysenko affair, were brought back from the GULAG and

offered professional and well remunerated employment in the protective shadow of the bomb project. This was one of the many instances of the relaxation of dominant ideologies under the effect of nuclear imperatives.

Centralized regimes tend to concentrate efforts rather than encourage or even tolerate competition. Belief in the genius of the Leader and of the dominant ideology made it irrelevant, nay seditions, to contemplate pluralism anywhere. Monumental engineering errors were made in the Soviet Union as a result of this attitude which condemned the simultaneous pursuit of alternative approaches as «wasteful duplication of efforts» [5]. However, the Soviet nuclear arms project appears to enjoy immunity from prohibitions on «duplication of efforts». Duplication of scientific effort was observed in all of the research projects. Nobody dared put all the eggs in one basket in such a crucial programme. Competition was accepted as desirable, which constitutes a common train of the nuclear arms projects under consideration.

Multidisciplinarity was another common train of the bomb projects. Physicists and chemists were brought to work together for months and years. This ran counter not only to the tradition of the university organization. It also defied the rigidly disciplinary structure of French and Chinese academic science. At the same time, it was reminiscent of the creation under Stalin of major applied research institutes (the so-called branch institutes) which concentrated immense human resources from different disciplines. An essential characteristic of the new large-scale laboratories working on nuclear arms was the necessity to carry on fundamental and applied research simultaneously and often by the same scientists.

Clearly understood during the war was the need for laboratories where scientists, while working on targeted subjects, would still retain their academic and independent ways of thought. An example of this tension is the acute argument developed between Edward Teller and Robert Oppenheimer in the course of the Manhattan Project. Teller insisted on his right to choose his own research priorities, and wanted to work on fusion rather than fission. Indeed, British nuclear historian Margaret Gowing sees the concept of «curiosity-oriented research» as a key element in the success of large mission-oriented projects. Such research was «the honey without which there would be no bees.»[6]

There is some evidence that Soviet and even Chinese scientists enjoyed comparable privileges. It is known that several senior scientists combined their work at the Soviet nuclear arms project with regular research at the USSR Academy of Sciences. Respect for pure science, inherited from the Russian imperial academy, and reinforced by the scientism embedded in the Soviet communist doctrine, found a manifestation in the freedom enjoyed by a few nuclear scientists to engage in research of their choice.

MANAGERIAL CHALLENGES

The imposition of an organizational framework, no matter how flexible, nevertheless inconvenienced professional scientists, accustomed to operate as independent small-holders or feudal chiefs who negotiated their own relations with the central authority. Bertrand Russell once defined the central challenge of modern history in the dilemma of «Freedom vs. Organization». This challenge was felt with particular acuity at the nuclear arms projects.

Styles of management had to be improvised for the awesome strategic task. Oppenheimer and Kurchatov, the US and Soviet fathers of the A-bomb, appeared at once flexible to serve the needs of a highly individualistic community ruled by an intuitive and changings chedule, and sufficiently firm to fulfill the task of the military who remained essentially outside it. Success of nuclear weapon programs depended on a coalition forged between high politics and Big Science [7]. It may appear surprising that in the Soviet Union, relations between scientists in charge of the nuclear project and top political leadership may have been closer than in Britain and the United States [8]. A possible explanation of this surprising train may lie in a combination of a high degree of mobilization of Soviet society and a traditional respect for prominent scientists common in the USSR. Oppenheimer reported most of the time to General Groves, while Kurchatov reported to Beria, a substantially more powerful official. Moreover Stalin would personally get weekly reports from Kurchatov during the busiest phases of the construction of the A-bomb. Such intimacy was a key to success of the top priority particular research program in the Soviet Union. Personal involvement of top political leaders was, perhaps, the most efficient manner to introduce technological innovation in the Soviet Union [9].

In countries that have built an atom bomb, the imposition of a military mission on a set of institutes and factories was almost certain to alter them in fundamental ways. A military orientation dictates tight security, restrictions on scientific communication, and limited dissemination of research results. For example, the fact that scientists at the Manhattan Project had to wear military outfits created a strong argument that only Oppenheimer's diplomacy prevented from degenerating into a wider conflict. The latter's intervention was also crucial to ease things up with a compromise on the question of compartmentalization of the scientific work imposed by the military for security reasons. Managerial challenges were more open in the United States and Britain. This does not mean that they were necessarity more acute than in the Soviet Union, France and China. Cultural and political differences account for a greater notoriety of conflict in open societies. With the highsight of several decades, one can conclude that in all the countries involved, large scale cooperation between physicists and the military was initially hard to articulate in view of their vastly different cultures. However, the experience of the nuclear arms projects established a tradition of mutual understanding and introduced the era of enthusiastic symbiosis which thrived throughout the Cold War. The film satire «Dr Strangelove» became, perhaps, the most enduring image of that symbiosis.

A BOMB FOR THE HEXAGON

France, commonly referred to by the French as the Hexagon, developed a more rigidly compartmentalized society than Britain or the United States. It was only natural, then, that there was a more pronounced split between pure and applied research in France than in Anglo-Saxon societies [10]. The task of building a French A-bomb was further complicated by deep mutual suspicion between universities and business, a suspicion that only begins to dissipate in France by the end of this century. Another hindrance was the strength of individualistic culture that bred

reluctance to adjust personal values for the sake of a group's coherence [11].

The traditional centralization of French science meant a close rapport with the upper levels of government, and a high potential for immediate contribution to the nuclear arms project from the state and industrial sectors. At the same time, France enjoyed a definite intellectual lead thanks to research done in France in the late 1930s. According to British physicist P.M.S. Blackett, «Had the war not intervened, the world's first self-sustaining chain reaction would have been achieved in France» [11]. The war, while accelerating American efforts, impeded the work of Frederic Joliot-Curie, a prominent physicist in his own right, and as husband of a Curie, part of a dynasty of nuclear pioneers. Leo Szilard corroborated Blackett's assessment: «If his [Joliot's] work had not been interrupted he might have beaten us to it» [12].

Immediately after the war, France's nuclear ambitions were set aside in an effort to rebuild the country badly damaged by hostilities on its territory. In contradistinction to the Soviet Union that had sustained a far greater damage to its economy and manpower, France could not mobilize scarce resources for a nuclear arms project for over a decade. Several reasons account for this «delay». First, as a democracy France had to cater to the needs of its population and could not invest important resources into a bomb project. Second, as a result of the Marshall Plan, its industry was rapidly enmeshed with American and other international corporations that restrained its freedom of maneuver. Third, France found itself under the U.S. nuclear umbrella and had no pressing need to defend itself against a nuclear adversary. Finally, the successful conclusion of France's nuclear efforts coincided with the re-emergence of French nationalism under General De Gaulle who assumed Presidency of the Republic in 1959. But the main difference between France and the USSR lies in the totalitarian nature of Soviet society that produced the extravagantly expensive bomb in four years while Soviet citizens suffered from misery and destruction.

The French bomb had also to wait for political dissent among scientists to settle down. France, possessing the most centralized (and Soviet inspired) science system in Western Europe, should have easily produced a strong scientific leader to take charge of a nuclear arms programme. Indeed, Joliot-Curie possessed such nuclear expertise that it alone would have made him a «natural father» of the French bomb. However, an ardent communist, he opposed building a bomb that could be used against the Soviet Union. Moreover, his political allegiance, and the concomitant security risk, would make any French government reluctant to involve him in nuclear arms projects.

Thus, in the absence of a natural father, one had to find «surrogate fathers» who could bridge the gap between pure scientists and engineers gradually in order to build a French bomb. This would be done for a substantial part by a mining engineer, Pierre Guillaumat, appointed as head of France's Commissariat for Atomic Energy (CEA) in 1951. He was dedicated to the bomb project and apparently obsessed by secrecy and control on information [13]. As the «political director» of the CEA, he shared power with the scientific director. This prevented scientists from acquiring exclusive power at the CEA. The resulting system made one think of Communist commissars placed in the Soviet army and industry to control professional experts that were politically suspect by the country's perennially insecure leaders. In a highly

unusual measure for a democracy, the CEA also avoided the state finance controller, which ensured the arms programme substantial budgetary autonomy [14]. The nuclear arms programme introduced a new culture of relations between science and the state which modified the usual functioning of both. When the first French A-bomb was produced and tested in 1960, both the scientific establishment and the military had grown accustomed to escape democratic controls of the public. This constituted a non-monetary cost of France's A-bomb and a significant cultural consequence of the nuclear arms programme.

A BOMB IN THE MIDST OF A REVOLUTION

Science in Communist China benefited from a massive infusion of money, equipment and personnel from the Soviet Union in the first decade of the new regime. Administrative structures of China's science were also initially copied from the Soviets. This facilitated technology transfer from the USSR to China which helped rebuild the country's severely damaged industrial infrastructure. Chinese nuclear weapons research began in 1957 at the Institutes of Physics and Atomic Energy in Beijing, under the terms of a bilateral agreement with the Soviet Union. The Soviet was to provide China with a sample of an atomic bomb and technical data concerning its design. The agreement represented a vestige of Stalin's foreign policy, and the Soviets abrogated it two years later. China was thus forced to continue its nuclear program without foreign assistance but with a Soviet-inspired administration of science well suited to the needs of the military [15]. In many respects, the culture of the Chinese nuclear programme resembled the Soviet one. One distinction between the two projects was China's almost exclusive reliance on military construction units rather than prisoners of the GULAG to build the nuclear installations, even though this distinction may be terminological rather than substantial [16].

The initiative to build the bomb came from a scientist. It took a scientist with a strong personality to counter the Party's history of anti-intellectualism and fire the imagination of the Chinese leadership. The fact that the bomb was known to have worked elsewhere greatly helped that scientist, Qian Sanqiang, in convincing Mao. When the project was underway, personal commitment and loyalty had to be fostered in order to overcome the bureaucratic inertia characteristic of China's Communist administration. Moreover, powerful protectors with impeccable revolutionary backgrounds had to be mobilized to shelter the staff from upheavals of the Cultural Revolution. A haven of peace and professional commitment was thus created in the midst of a whirlpool of raging revolutionary guards. This ensured a key element for success, viz. the selfless commitment of all who worked for the nuclear project.

Just as in Stalin's USSR, China's A-bomb project was a potent factor in preventing ideological onslaught on physics and on science in general. Against the background of the Cultural Revolution, the Chinese put into practice universally defined standards of knowledge and performance. To build the bomb, they also had to depart from the usual custom of work in small groups and to engage in large-scale research teamwork [17]. An adaptation of the revolutionary model was needed to accommodate and empower somewhat suspect intellectuals. However, the concentration of intellectual

and monetary resources was quite natural in a poor and industrially underdeveloped society, particularly in a society under the rule of an absolute leader. The military played a stronger role in China's early program than in the Soviet Union. This was partly due to the far greater prestige accorded the Academy of Sciences and its members in the course of the Soviet nuclear project. When the Chinese were building the bomb, revolutionary guards inspired fear among the country's intellectuals many of whom ended up exiled in the countryside or worse. Compared to their Soviet colleagues, China's nuclear scientists were more closely integrated into the prestigious strategic weapons establishment [18]. This may partly explain the reason why China's nuclear project engendered little political dissidence. Perhaps, a more important reason for the lack of dissidence was the absence of a tradition comparable to that of Russian intelligentsia that served as a self-appointed intermediary between the people and the rulers. This offshoot of modernization was practically unknown in China where the scholar was traditionally a servant of the state aspiring to climb the administrative ladder and, like other aspirants, unconcerned about the masses who remained far away, on the other side of the social divide.

Excitement and commitment found in other bomb projects could also be found in the Chinese project. While lip service was profusely paid to the wisdom of Mao's eternal ideas, in practice the scientific and technical decision-making was left largely to the experts. China's nuclear weapon contrasted sharply with the country's political system where nonpolitical specialists could rarely attain the same degree of freedom and initiative.

CONCLUDING REMARKS

The building of the A-bomb ventures imposed the reality of Big Science on all the countries involved, and had repercussions outside of the arms race proper. Efforts to acquire the bomb affected ideological beliefs and political practices across the spectrum. In democratic regimes, the nuclear arms projects exemplified behavior at variance with the established tradition of public accountability. The national bomb projects were given top budgetary priority in a more or less clandestine fashion in countries where such expenditures would normally be approved in the course of public debate. With the possible exception of China, all managers of nuclear arms projects faced similar challenges as they attempted to integrate nuclear scientists into a relatively more rigid military structures. Scientists acquired direct access to top political leadership in an unprecedented manner and in all of the countries involved. These phenomena tended to bridge the gap between the nuclear democracies and their totalitarian adversaries to the East. At the same time, the exigencies of the nuclear arms enterprise imposed a degree of ideological flexibility on the otherwise rigid regimes such as Stalin's USSR or Mao's China. It is hardly surprising that Andrei Sakharov, the father of the Soviet H-bomb, was one of the first Soviet thinkers to profess the idea of political convergence between East and West, that he deemed inevitable in view of this century's technological imperatives [19].

The nuclear arms projects also showed the world that highly advanced science and sophisticated technology could be developed in an otherwise indigent environment. This «triumph of the will», so characteristic of the dominant ethos in the Soviet

Union and China, inspired dozens of authoritarian and totalitarian developing countries, such as Argentina, Brazil or Iraq, to sink scarce resources into their own high-tech military projects, most of which ended in failure. Thus the nuclear arms race not only introduced cultural innovations in the countries of the nuclear club but it exercised significant influence well beyond the confines of the club.

REFERENCES

1. Dominique Pestre, «Les physiciens dans les societes occidentales de l'aprиs-guerre. Une mutation des pratiques techniques et des comportements sociaux et culturels», Revue d'histoire moderne et contemporaine, 39-1, janvier-mars 1992, pp. 71-72.
2. Lew Kowarski, «Psychology and Structure of Large-Scale Physical Research», originally published in the Bulletin of the Atomic Scientists, May 1949, reproduced in Lew Kowarski, Reflexions sur la science — Reflections on science, Geneve: Institut Universitaire de Hautes Etudes Internationales, 1978, p. 152.
3. Ibid.
4. Yakov M. Rabkin, «Scientific and Political Freedoms», Technology in Society Vol. 13, 1991, pp. 53-68.
5. Loren R Graham, The Ghost of the Executed Engineer: Technology and the Fall of the Soviet Union, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994.
6. Margaret Gowing, Independence and Deterrence. Britain and Atomic Energy, 1945-1952. Vol. 2: «Policy execution», London: Macmillan, 1974, p. 212.
7. John Wilson Lewis and Xue Litai, China Builds the Bomb, Stanford, CA: Stanford University Press, 1988, p. 229.
8. David Holloway, in Margaret Gowing and David Holloway, Government and Science in Great Britain, the United States and USSR (audio document).
9. Yakov M. Rabkin, «Cultures of Technological Innovation in Russia», in: Corsi, C., ed., Science and Innovation as Strategic Tools for Industrial and Economic Growth, Dordrecht: Kluwer, 1996, pp. 35-50.
10. Dominique Pestre points out to major differences in Europe and especially in France between the scientist's and engineer's worldviews. Until the mid-1950s, that would impede an easy integration into large-scale research projects. Dominique Pestre, op. cit., p. 72.
11. Soo Louis Leprince-Ringuet, Des atomes et des hommers, Paris: Gallimard, 1966, p. 124. [11] quoted in: Spencer R. Weart, Scientists in Power, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979, p. 150.
12. Ibid.
13. Peter Pringle and James Spigelman, The Nuclear Barons, New York: Avon Books, 1981, pp. 131, 134.
14. Samy Cohen, «Les pиres de la bombe atomique francaise», L'Histoire, No. 117, decembre 1988, pp. 25-26.
15. Wendy Frieman, «China's Military R&D System: Reform and Reorientation», in Denis Fred Simon and Merle Goldman, ed., Science and Technology in Post-Mao China, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989, pp. 261-264.
16. John Wilson Lewis and Xue Litai, op. cit., p. 232.
17. Sidney H. Gould, ed., Sciences in Communist China, Westport, Connecticut: Greenwood Press, Publishers, 1961, p. 640.
18. John Wilson Lewis and Xue Litai, op. cit., p. 232.
19. Andrei D. Sakharov, Progress, Coexistence and Intellectual Freedom, London: A. Deutsch, 1968.

ДОКЛАДЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ В ОРГКОМИТЕТ СИМПОЗИУМА ДОПОЛНИТЕЛЬНО

ON THE WORKS OF HIKOSAKA TADAYOSHI

Fukui S.

I would like to introduce Hikosaka Tadayoshi who reported a possible chain fission reaction of U-238 by fast neutrons on November, 1944. In 1935 he submitted «Quantenstufen der Neutronen im Kerne». This report was the theoretical studies on neutrons in nucleus which showed the shell-like structure. He deceased on March 1989 at the age of 86.

Hikosaka Tadayoshi was born December 25, 1902 in Aichi prefecture, the central part of Japan Main Island. When he grew up, he desired to study physics. Tфhoku Imperial University at Sendai, 350 km north from Tokyo, had the most advanced and active school of physics in Japan in early 1920s. So Hikosaka went to Sendai and graduated in physics from Tфhoku Imperial University in 1926. He was appointed Research Associate and worked on atomic spectra supervised by Professor Takahashi. He mastered himself the quantum mechanics.

From 1934, it was two years after the discovery of neutron, he examined theoretically the properties of neutron in nucleus. He reported his results in the Japanese journal, Kwagaku, in 1934 [1]. Then he compiled his ideas comprehensively in «On Quantum States of Neutrons in Nucleus». He sent this manuscript to Physical Review, but the Editorial rejected it with disapproving comments of crazy idea. In those years every physicist could not accept the concepts different from Bohr's liquid drop model. He was, however, absolutely confident of his idea. So he rewrote his paper in German titled «Quantenstufen der Neutronen in Kerne» and submitted it to the Science Reports of Tфhoku Imperial University in 1935 [2]. These Reports were not widely distributed in and outside Japan. So his idea was not noticed by not only Japanese physicists but also European and American physicists.

In 1933 Elsasser [3] pointed that the properties of nucleus varied with the number of protons and neutrons. It was three years later from Hikosaka's theory that Wigner [4] reported the structures of nuclei described by the concept of independent

orbits of neutrons and protons in nucleus. Hikosaka had gotten the idea of shell-like structure of nucleus 15 years in advance of the introduction of the shell-model by Mayer [5] and Jensen [6].

This is one of the striking instances which too early pioneer advocate of new concept is not accepted, even ignored completely. Jensen's papers were also rejected by German journal in 1950.

Hikosaka was appointed Professor of Physics at Yamaguchi High School in 1939 and he visited Фsaka Imperial University for studying the up-to-date nuclear physics supervised by Prof. Kikuchi for one year. In the late half of 1930s, using deuterons from Cockcroft-Walton accelerator, Kikuchi and his colleagues got neutrons produced by D-D reaction and measured the cross sections for neutron scattering from various nuclei [7]. Their results showed the resonance like variations with Z of nuclei. Dunning at Columbia University also measured the cross sections for neutron scattering from nuclei [8]. Dunning got neutrons from Ra-Be source. It was difficult to compare his results directly with Kikuchi's experimental results, because energies of neutrons were different and Dunning used not so many target nuclei.

Hikosaka calculated the cross sections based on his idea and showed successfully his results to be in good agreement with Kikuchi's results. His idea was that the neutron scatters elastically by the neutron potential in nucleus and due to these potentials neutrons were caused the resonance scattering [9].

In early 1943 Kikuchi asked Hikosaka to estimate a possibility of usage of nuclear energies from fission of Uranium. Hikosaka was appointed Professor at Dai Ni High School in Sendai. Hikosaka had considered deeply and calculated and reported his result orally at the Meeting of the Physico-Mathematical Society of Japan in the fall of 1943. His detailed calculation was presented at the Meeting of the Nucleus Section of the Committee of Scientific Research on November of 1944. His report was titled as «The usage of Uranium fission energy». He said that in order to avoid difficulties of separating Uranium isotopes and of taking data for neutron moderators he calculated the mechanism of fission reaction of natural Uranium bombarded by fast neutrons. His results of calculation showed a possibility of chain reaction of fission. His idea is the similar idea of the present «fast breeder reactor».

He eagerly asked Kikuchi for going on experimental investigation following his calculation. However, that time when he presented his result was in the fall of 1944 and Japan appeared to be doomed to a defeat. Kikuchi and the members of the Committee: Nishina, Tamaki, Sagane, Asada and others had no spare time to discuss more deeply and to examine Hikosaka's presentation further. Kikuchi said that it was too late to go ahead for examining Hikosaka's idea and we could do nothing for further. And then the Meeting was closed in depressing atmosphere.

It was very sad even though in depressing doomed atmosphere at that time nobody had not judged and not noticed the real worth of Hikosaka's presentation. His calculation was completely buried in oblivion. He wrote up his detailed calculation titled as «A Method for Use the Nuclear Energy» in Japanese. When Hikosaka and his family moved to Ryojun (Lu-shun, Port Arthur) Institute of Technology on April, 1945, he had handed his manuscript over to his former supervisor, Prof. Takahashi of Tфhoku Imperial University for the Ph. D. dissertation.

On July, 1945 Sendai was air raided and burned out. Hikosaka's dissertation was also burned. However, fortunately Hikosaka had carried one of handwritten copies of dissertation with him to Lu-shun.

On October, 1945 Soviet Army ordered Japanese residents to move to Dalian. His family had spent very hard days like refugees. In 1946 one of Soviet Army officers visited Hikosaka several times carrying the sweets and delicious foods. One day the officer told him that the Moscow Authorities tempted him to come to Moscow where he was invited as the senior scientist for research on nuclear physics working with Soviet scholars. This is a guess that the Soviet Authorities had imagined the Japanese administration had sent Hikosaka to Lu-shun for conducting the construction of reactor and atomic bomb using Uranium in Korea and Manchuria. There was now no way to confirm the reality of this guess.

He discussed with his wife, Kyo, whether he should accept the Moscow's temptation or not. Kyo strongly objected, so he decided not to accept that invitation. After he told the officer his decision his family had spent very hard days only getting very small amount of foods.

His wife, Kyo, pasted every sheet of handwritten copy of his dissertation on the backing of basket-trunk concealing from person's attention. In the fall of 1949 they had come back to Sendai carrying that basket-trunk. He was told that his manuscript of dissertation was burned at the same time the University's buildings burned out by the US air raid on July 1945. He immediately rewrote that copy and submitted it to Tфhoku University as his dissertation. The judging committee had decided that he would be given Ph. D. In early 1950 Japan was still in difficult situations of economy and industry, of foods, and of housings. The activities of the University were also not recovered. At this moment any of the member of the judging committee did not have composure to recognize the real value of his calculation.

In April, 1950 he was appointed Professor of Iwate University and obtained Ph. D. in physics at Tфhoku University. In June, 1951 he moved to Niigata University. He retired Niigata University in March of 1968 and came back to Sendai. He got the job at Tфhoku Gaku-in University in April, 1968 and he lived at Tagajyo 15 km east from Sendai. He retired that University in March of 1978. He passed away at 19:40 on March 27, 1989 at the age of 86. He left his wife and four sons and three daughters.

In 1992 the Atomic Energy Society of Japan issued the journal of the special edition for 50s anniversary of chain reaction. Hikosaka's dissertation was reprinted in that edition and Katsuragi, who is the atomic reactor engineer, reported the result of his examination of Hikosaka's calculation [10]. Katsuragi's evaluation words are as follows: «From 1940, due to the war, the foreign journals had not been brought into Japan, so Hikosaka could not have the sufficient data for his numerical estimations, e.g. the cross sections of fast and slow neutrons for Uranium fission, neutron energy spectra from fission, etc. Also in early 1940s Japanese scientists had not have electronic, even electric computers, so in order to get numerical values they had to calculate by hands picking up each value in the numerical table of functions. Hikosaka had put several approximate equations of conditions for estimating the fission probability. Hikosaka»s processes are quite similar with which the present estimation for the

reactors are dealt. Hikosaka's values of average number of fission neutrons are not so much different from the values obtained by the present detailed calculation. In conclusion Hikosaka's calculation showed the possibility of fast breeder reactor in 1944».

Prior to Atomic Energy Society of Japan issued the special edition of its Journal for 50s anniversary of chain reaction, Kimura reported his examination of Hikosaka's calculation with the conclusion of the same evaluation [11].

REFERENCES

1. Hikosaka, Tadayoshi: «Magnetic moment of neutron.» Kwagaku, Iwanami, 4 (1934) 141, in Japanese. «Mass defect of nucleus.» ibid. 232. «Structure of neutron in nucleus.» ibid. 460.
2. Hikosaka, Tadayoshi: «Quantenstufen der Neutronen in Kerne.» Sci. Rep. Тфhoku Imperial University, 24 (1935) 208.
3. Elsasser, W.M.: «Sur le principle de Pauli dans les noyaux.» J. Phys. Rad. 4 (1933) 549.
4. Feenberg, E. and Wigner, Eugene: «On the structure of the nuclei between helium and oxygen.» Phys. Rev. 51 (1937) 95. Wigner, Eugene: «On the structure of nuclei beyond oxygen.» ibid. 947.
5. Mayer, Maria Guppert: «On closed shells in nuclei. II.» Phys. Rev. 75 (1949) 1969. «Nuclear configuration in the spin-orbit coupling model.I. Empirical evidence.» ibid. 78 (1950) 16. «Nuclear configuration in the spin-orbit coupling model. II. Theoretical considerations.» ibid. 22.
6. Haxel, Otto, Jensen, J., Hans, Danial and Suess, Hans E.: «On the «magic numbers» in nuclear structure.» Phys. Rev. 75 (1949) 1766. Haxel, Otto, Jensen, J. Hans Danial and Suess, Hans E.: «Modellmдssige Deutung der ausgezeichneten Nukleonenzahlen im Kernbau.» Zeit. fьr Phys. 128 (1950) 295.
7. Kikuchi, Seisi and Aoki, Hiroo: «The scattering of fast neutrons by atom.» Proc. Phys. Math. Soc. Jpn., 21 (1939) 40 and 75. Kikuchi, S., Aoki, H. and Wakatuki, T.: «On the angular distribution of the fast neutrons scattered by the atoms.» ibid. 410.
8. Dunning, John R.: «The emission and scattering of neutrons.» Phys. Rev. 45 (1934) 586.
9. Hikosaka, Tadayoshi: «Elastic scattering of fast neutrons.» Kwagaku, Iwanami, 9 (1939) 198, in Japanese.
10. Katsuragi, Manabu: «Interpretation of Hikosaka's calculation and its significance.» J. At. Energy Soc. Japan, 34 (1992) Suppl. 12, in Japanese.
11. Kotashima, Hisaya and Kimura, Motoharu: «Introduction of Hikosaka's dissertation.» J. Phys. Soc. Japan 47 (1992) 993, in Japanese.

HISTORY OF JAPANESE NUCLEAR POWER DEVELOPMENT

Fujii H., Koyama H.

1945

— Hiroshima, Nagasaki were attacked by A-bombs. Japan surrendered on Aug. 15. Supreme Commander for the Allied Powers and General Headquarters (SCAP/GHQ) controlled the information on A-bomb.
— US Army destroyed the two cyclotrons of The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN) to prevent the research on nuclear weapon.

1947

— Far East Committee forbade the every research activity on nuclear energy officially.

1950

— Radioisotope, Sb-125 0.4mCi, was presented from American Philosophical Society (APS) for the research on agriculture, industry, medicine and science.

1953

— US President Eisenhower presented «Atoms for Peace» at the General Conference of United Nations. This speech leads to the disclose of research and development on nuclear energy in Japan.

1954

— General survey on nuclear power engineering was organized by Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI). This activity developed to the foundation of Japan Atomic Industrial Forum (JAIF) later.
— Bravo Test (H-bomb) was carried out at Bikini Atoll. The Fukuryu-maru No.5 (Lucky Dragon No.5), fishing boat, was exposed by H-bomb at about 140 km east away from Bikini Atoll in Marshall Islands outside of risky region on March.
— Prof. Kimura identified U-237 from the ash on March 20. This report revealed

the mechanism of the H-bomb used at Bravo Test.
- Mr. Kuboyama, a crew of boat, was died by radiation injury on Sep. 23. He was a first sacrifice by radiation exposure after the War. A lot of tuna have to be dumped without severe contamination.
- Nuclear budget (Million Yen 235) was proposed at the Parliament.

1955

- Japan-US Atomic Energy Agreement was signed in Washington DC.
- Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) was established.
- The Nuclear Energy Fundamental Law was enacted. The object of this law was the research, development and utilization of atomic energy shall be limited to peaceful purposes, aimed at ensuring safety and performed independently under democratic management, the results therefrom shall be public to contribute to international cooperation. This philosophy continues up to date and must be continued for the future.
- The First UN International Conference on Peaceful Use of Atomic Energy was held by the UN in August. The reports presented at the conference were fundamental text books for study on nuclear power engineering at the time.

1956

- Japan Atomic Energy Commission, JAIF and Atomic Fuel Corporation (AFC, later PNC) were established. JAIF's activity was the mutual information exchange and training like AIF in USA. The object of AFC was to fabricate and supply the nuclear fuels to the domestic reactors.
- Japan participated IAEA.
- Radioisotope Conference was held by JAIF and Japan Radioisotope Association (JRIA) in Tokyo.
- Nuclear engineering course has started at Tokai University.

1957

- Japan Research Reactor-1 (JRR-1) of JAERI reached critical.
- National Institute of Radiological Science (NIRS), Japan Atomic Power Company (JAPC) were established.

1959

- Domestic yellow cake was produced from the ore of Ningyohtohge.

1960

- Construction of Tokai-1 (GCR, 166 MWe, began the commercial operation in 1966) and JPDR (BWR, 120 MWe, commissioned in 1965) were begun.

Preparation of the institutional systems and the research organization were fundamental works for the future development in this period. GCR, BWR and PWR were imported from UK and USA, respectively. It was a study period on the advanced technology from the developed countries. These activity leads to the present situation in Japan. In 1996, number of operating reactors are 49 units (BWR: 27, PWR: 21, GCR: 1). Total installed capacity is 41,191 MWe.

HISTORY OF JAPANESE NUCLEAR POWER DEVELOPMENT

1945-08	Nuclear attack to Hiroshima, Nagasaki
1945-09	SCAP/GHQ controlled information on A-bomb
1945-11	US Army destroyed the cyclotron of RIKEN
1947-01	Far East Committee forbade the research on nuclear energy
1950-04	Radio isotope presented for the research activity from USA
1954-03	Lucky Dragon No.5 was exposed by H-bomb (Bravo Test)
1954-03	Prof. Kimura identified the U-237 in the ash
1954-09	Mr. Kuboyama died by radiation injury
1954-03	Nuclear energy budget (Million Yen 235) passed the Parliament
1954-12	Survey on nuclear energy was started at CRIEPI
1955-11	Japan-US Atomic Energy Agreement signed and enacted
1955-11	JAERI was established
1955-12	The Nuclear Energy Fundamental Law was enacted
1956-01	Atomic Energy Commission was established
1556-03	Japan Atomic Industrial Forum was established
1956-04	Nuclear engineering course started at Tokai University
1956-08	Atomic Fuel Corporation (later PNC) was established
1956-08	Radioisotope Conference was held by JAIF and JRIA
1956-10	Participation to the IAEA
1957-03	NIRS was established
1957-08	JRR-1 critical
1957-11	JAPC was established
1959-07	AFC (later PNC) produced 1.5kgs domestic Yellow Cake
1960-03	Construction of Tokai-1 (GCR, 166 MWe) of JAPC started
1960-12	Construction of JPDR (BWR, 12 MWe) of JAERI started

REFERENCES

1. «Table of Nuclear Energy Development in Japan», JAIF, Nov. 1986
2. «Nuclear Development History from 1956 to 1985», Japan Atomic Energy Relations Organization. 1986
3. «Peaceful Use of Nuclear Power: Development of Nuclear Power and Nuclear Fuel Cycle», Mass Communication Study Group, 1985
4. «Nuclear Hostage» by Bernard J. O'Keefe, 1983

ОБ ИЗГОТОВЛЕНИИ БУМАЖНЫХ ТИГРОВ. УЧАСТИЕ СССР В КИТАЙСКОЙ ЯДЕРНОЙ ПРОГРАММЕ, 1955-1960

Медведь К.С., Медведь С.В.

В начале доклада необходимо сделать важное замечание. Это сообщение затрагивает две темы. Первая — это участие Китайской Народной Республики в работе Объединенного института ядерных исследований. Эта часть сообщения основывается на доступных советских источниках. Вторая тема — это советское участие в китайской ядерной программе. До сих пор в России по этому вопросу *ничего* не опубликовано. Поэтому эта часть доклада основана на западных и китайских работах и должна рассматриваться, в основном, как их краткий обзор. Возможно, некоторые приводимые технические или исторические детали не полны или недостаточно точны.

В 1949 г. гражданская война в Китае закончилась победой коммунистических сил и основанием Китайской Народной Республики. В 1950 г. между СССР и Китаем был подписан тридцатилетний договор о дружбе, сотрудничестве и взаимопомощи. Советские технические и экономические советники начали прибывать в страну.

В начале 50-х годов Китай участвовал в ряде конфликтов: в Корейской войне, Тайваньском кризисе, Вьетнамской войне [1]. В связи с этим Соединенные Штаты рассматривали вопрос об использовании ядерного оружия против Китая [2]. В 1951 г. бомбардировщики были размещены на о. Гуам для возможного использования против целей в Китае. Позднее ядерное оружие было доставлено на Тайвань [3].

В те годы китайское руководство уже представляло, насколько мощным может быть ядерное оружие. В сентябре 1954 г. китайские наблюдатели присутствовали на учениях в Тоцких лагерях [4], во время которых было показано действие ядерного оружия[1].

---

[1] Во время учений командующий ВВС Китая получил разъяснение о том, что Китаю не нужно собственное атомное оружие, поскольку он находится под защитой Советского Союза [10].

Окончательно 15 января 1955 г. Политбюро Коммунистической партии Китая приняло решение о создании собственного ядерного оружия. Программа получила кодовое название «02». Это было амбициозное решение, учитывая полное незнакомство с ядерными технологиями и недостаток ресурсов. Двумя днями позже СССР объявил о своем намерении помогать КНР в исследованиях по мирному использованию атомной энергии[2]. Это и было подтверждено в договоре, подписанном в апреле 1955 г.[3].

СССР играл важную роль в развитии ядерной физики в Китае. В соответствии с договором были поставлены тяжеловодный исследовательский реактор и 1,2-метровый циклотрон. Строительство Института атомной энергии началось в Толи (Tuoli) к югу от Пекина в 1956 г.[4] Строительство другой лаборатории, Института современной физики в Ланьчжоу (Lanzhou)[5], было начато в конце 50-х годов и формально закончено в 1962 г. В 1959 г., также при советском участии, был основан Институт ядерных исследований в Шанхае.

В августе 1956 г. было заключено соглашение о советской помощи в создании китайской ядерной промышленности [3]. В ноябре в КНР было образовано Третье машиностроительное министерство, впоследствии переименованное во Второе машиностроительное министерство, для управления исследованиями и ядерной промышленностью.

В 1956 г. еще ничего не было известно о возможных запасах урана в Китае, как не было и никакого опыта в их разработке. Советская помощь в геологоразведке, добыче и химическом выделении урана дала успешный старт всей ядерной программе. К концу 1956 г. более 20 тысяч китайцев были вовлечены в разведку месторождений. Как только залежи были обнаружены, советские специалисты спроектировали и помогли заложить в 1958 г. восемь урановых шахт. Пока шахты не заработали, было принято решение вовлечь «широкие массы» в дело производства уранового концентрата. Десятки тысяч крестьян прошли кратковременную подготовку, и вскоре 150 тонн концентрата были произведены [2].

---

2 История была несколько сложнее. В январе 1955 г., сразу вслед за резолюцией ООН об образовании МАГАТЭ, СССР проинформировал ООН о своем намерении содействовать социалистическим странам в ядерных исследованиях для мирных целей [10]. В апреле-июне были подписаны похожие соглашения с Польшей, Чехословакией, Румынией и ГДР. В соответствии с соглашениями, в эти страны должны были быть поставлены научное оборудование и небольшое количество делящихся материалов.

3 В 1955-1958 гг. было заключено шесть договоров, касающихся сотрудничества в ядерной области. Самым первым из них был договор о совместной разработке китайского урана и продаже его излишков в СССР [2,3].

4 Тяжеловодный 10-МВт реактор был поставлен в ИАЭ в 1958 г. Годом позже в СССР был куплен электростатический ускоритель, но только частично установлен советскими техниками. Также из СССР были получены два электромагнитных сепаратора изотопов [6].

5 Циклотрон для Института был поставлен из СССР, но установлен не был. Первый пучок был получен только в 1963 г. В дальнейшем установка использовалась для измерения сечений быстрых нейтронов [6].

В соответствии с договором августа 1956 г., советскими специалистами были спроектированы заводы по производству окиси и тетрафторида урана (заводы 414 и 202). Впоследствии уход советских специалистов и непоставки важнейшего оборудования привели к тому, что химические соединения урана были получены только в ноябре 1963 г.

Важным этапом в развитии сотрудничества явилось Новое Оборонно-Техническое Соглашение, датированное 15-м октября 1957 г. В соответствии с ним создание важнейших элементов промышленности по производству ядерного оружия — газодиффузионного завода и реактора для наработки плутония — должно было вестись по советским чертежам на основе советского оборудования и с участием советских специалистов. Также предполагалась передача технической информации о конструкции ядерных вооружений и даже прототипа атомной бомбы.

Строительство газового диффузионного завода началось под г. Ланьчжоу в 1958 г. Проект был во многом схож с проектом Верх-Нейвинского завода [14]. Было поставлено и частично смонтировано оборудование каскадов, хотя допуск китайских инженеров к технической информации был ограничен. СССР также отверг все просьбы, касающиеся возможной подготовки китайских техников на аналогичных советских обогатительных предприятиях. Советско-китайский разрыв задержал пуск завода почти на 2 года, и только в январе 1964 г. обогащенный уран был произведен.

В соответствии с соглашением, из СССР должен был также поставляться и гексафторид урана. Эта договоренность выполнена не была.

Первая китайская лаборатория по разработке ядерного оружия (Девятая Академия) была организована в г. Хайянь (Haiyan) в начале 60-х годов, в соответствии с советским проектом. В работе [2] упомянуто, что в лаборатории некоторое время находились два советских специалиста-оружейника, которые, видимо, не оказали существенной помощи в создании конструкции бомбы. Китайским ученым пришлось самим разрабатывать теорию имплозии и конструкцию ядерного устройства.

Полигон для испытания ядерного оружия начал строиться в местности Лобнор (Lop Nur) в октябре 1959 г.[6]

Первоначально предполагалось одновременно производить как обогащенный уран, так и плутоний. Сооружение реактора для наработки плутония началось в Дзюцюаньском (Jiuquan) комплексе в феврале 1960 г. Комплекс, спроектированный в СССР, должен был состоять из графито-водяного реактора, завода для химического выделения плутония и металлургического завода [2]. Однако большая часть чертежей и важнейшего оборудования так и не были доставлены в Китай. Летом 1960 г., после ухода советских специалистов, строительство комплекса было остановлено. Плутониевый реактор был достроен только в 1967 году.

---

[6] В работе «Россия делает сама», опубликованной в сборниках КИАЭ, упоминается о визитах китайских специалистов на семипалатинский ядерный полигон.

Ядерное оружие бесполезно без систем его доставки. Ракетные и авиационные технологии были также переданы в Китай из Советского Союза. В 1956 г. СССР продал в Китай две ракеты Р-2, улучшенные копии немецкой Фау-2. В соответствии с Новым Оборонно-Техническим Соглашением, вскоре были поставлены и более совершенные ракеты и техническая документация на них. Первая советская ракета была запущена в Китае в сентябре 1960 г. Такая же ракета, построенная на китайских заводах, была испытана через два месяца и названа «Дун Фэн 1»[7]. Первая баллистическая ракета, способная нести ядерную боеголовку, «Дун Фэн 2», была разработана как копия советской Р-5. С 1964 по 1979 гг. в Китае было создано четыре типа ракет — от тактических до межконтинентальных.

В октябре 1951 г. было подписано соглашение о развитии китайской авиационной промышленности. Первые советские бомбардировщики Ту-4 прибыли в Китай в 1953 г. Первые четыре советских Ту-16 были переданы Китаю в 1959 году[8]. С одного из этих бомбардировщиков и было сброшено китайское термоядерное устройство в июне 1967 г. Первые Ту-16 китайского производства (Hong-6) были выпущены только в 1968 г. Также в Китай было экспортировано более 500 Ил-28, и более 1500 этих бомбардировщиков было произведено в Китае под именем Hong-5.

Большинство ведущих китайских физиков-ядерщиков получило образование на Западе, в основном — в американских университетах. В 50-х годах они стали возвращаться в Китай для работы в ядерной программе[9]. Но недостаток специалистов среднего звена явился серьезным препятствием на пути проекта.

В конце 50-х годов несколько сотен китайских ученых и инженеров получили необходимую подготовку в СССР [6]. Но гораздо большее их число было обучено в Китае советскими специалистами. Для подготовки персонала для будущих ядерных предприятий, в университетах Пекина и Цинхуа были организованы факультеты атомной физики и инженерно-физический. На них были переведены студенты старших курсов других специальностей; обучение велось советскими преподавателями. В 1955 г. Академией наук Китая были посланы в СССР две делегации для изучения теории и практики управления ядерными реакторами. Однако никто из них так и не был допущен на советские закрытые предприятия или к каким-либо военным исследованиям [2].

Исключительно яркое и неформальное описание жизни советских специалистов в КНР дано в книге [13]. Автор пишет: «...главным ощущением в Китае у меня было то, что я нужен здесь, и что моя работа действительно важна». К советским специалистам относились с большим вниманием и уважением, несмотря на то, что отношения между правительствами стали ухудшаться.

---

7 «Dong Feng 1», «Восточный ветер».

8 Ту-16 поступили в ВВС СССР в 1954 г. [4].

9 Из пятнадцати ведущих китайских ядерщиков, перечисленных в работе [2], только двое были как-то связаны с СССР.

В марте 1956 г. в Дубне был организован Объединенный институт ядерных исследований. Вначале было предложено название «Восточный институт ...», однако идея не понравилась, поскольку для Китая, Монголии и Северной Кореи он не был «восточным».

КНР стала страной-участницей Института во второй половине 1956 г. Соглашение было подписано товарищем Лю-цзе (Liu Jie)[10], представителем Китайского правительства. Вклад КНР в бюджет Института планировался в размере 10%, но по настоянию китайской стороны он был увеличен до 20%, так как, по ее мнению, это больше соответствовало бы статусу великой державы. По официальным данным, общее число китайских специалистов, работавших в ОИЯИ по 1961 г., составило 126 человек, большинство из них — научные сотрудники[11]. Основным китайским партнером ОИЯИ был Институт атомной энергии. Его представители входили в состав Комитета Полномочных Представителей и Ученого совета ОИЯИ.

В 1959 г. вице-директором ОИЯИ стал профессор Ван Ганчан (Wang Ganchang). Он получил докторскую степень в Берлинском университете в 1934 г., сотрудничая с Лиз Мейтнер и Отто Ганом. С 1956 г. он работал в ОИЯИ в области физики элементарных частиц. Вместе с группой советских коллег Ван Ганчан стал лауреатом Государственной премии СССР за открытие *анти-сигма-минус-гиперона.* В 1961 г. он неожиданно возвратился в Пекин. Официальная причина — крайняя усталость. В работе [2] говорится: «правительство предложило ему заняться исследованиями, связанными с ядерным оружием, и дало ему три дня на завершение его предыдущей работы». В 1961 г. он становится заместителем директора Девятой Академии. В 1978 г. — заместителем министра Второго машиностроительного министерства. Вновь он смог посетить Дубну лишь в 1989 году.

Среди старшего поколения ученых ОИЯИ сохранилась добрая память о китайских коллегах. Они учились и работали чрезвычайно упорно и внесли действительно большой вклад в исследовательские программы Института. Начиная с 1960 года, официальные отношения стали быстро ухудшаться. Китайские представители усилили критику дирекции ОИЯИ, равно как и политики Советского Союза[12]. Напряжение нарастало, руководитель группы китайских коммунистов в ОИЯИ был выдворен из СССР.

В то же самое время китайская оружейная программа быстро продвигалась вперед, и возбуждение среди китайских специалистов в ОИЯИ нарастало. В соответствии с китайским источником, процитированном в работе [2],

---

[10] Он был вице-министром, а после 1960 г. — министром Второго машиностроительного министерства.

[11] Это число, видимо, включает в первую очередь специалистов, приезжавших в ОИЯИ на длинные сроки. Это число заметно меньше оценки, данной в работе [2].

[12] Подробности «разногласий» сейчас не представляют особого интереса. Они касались реорганизации руководства ОИЯИ, распределения ресурсов между Дубной и Протвино, реконструкции ускорителя в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и т.д. Упоминалась также антикитайская пропаганда и албанский вопрос.

«Физик Чжоу Гуанчжао[13] пригласил своих соотечественников на дискуссию, после которой было составлено письмо в адрес Государственного Совета. В нем молодые люди выразили готовность поменять профессию, исходя из интересов Китая, даже ценой отказа от участия в фундаментальных исследованиях». В Китае это письмо было горячо одобрено.

Участие КНР в работе Института быстро уменьшалось в 1964-1965 годах. 15 июня 1965 года последние китайские специалисты с семьями были вывезены из Дубны, и сотрудничество было прервано на долгие годы[14].

Вернемся к основной теме доклада. До сих пор остается не совсем ясной мотивация советско-китайского ядерного сотрудничества. Почему Хрущев согласился помогать Китаю в создании ядерного оружия? Ведь уже тогда становилось понятным то, что Китай никогда не допустит советского контроля над своим ядерным арсеналом[15]. Вероятно, к 1959 году советское руководство окончательно в этом убедилось.

Хотя прототип атомной бомбы и был подготовлен к доставке в Китай, его отправка была остановлена в самый последний момент [2]. Это решение советского руководства явилось окончательным ударом по программе ядерного сотрудничества. Впоследствии первое китайское атомное испытание получило кодовое название «596» — по году и месяцу даты советского письма (20 июня 1959 г.), содержащего отказ.

С начала 1960 года поставки оборудования для ядерной индустрии, чертежей и материалов все более и более задерживались. В июле 1960 г. СССР объявил о своем намерении[16] отозвать из Китая 1390 специалистов. В августе

---

[13] Чжоу Гуанчжао (Zhou Guanzhao) работал научным сотрудником в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ (1957-1961). Впоследствии он был назначен зам. начальника теоротдела Девятой Академии. Перед первым взрывом в 1964 году он «выполнил окончательную проверку всех теоретических вычислений, что гарантировало успех испытания» [2]. Он побывал в Дубне вновь лишь в 1990 году, уже будучи президентом Академии наук Китая.

[14] По заведенному порядку, даже после разрыва в Китай посылалось по 40 экземпляров всех публикаций ОИЯИ. Через какое-то время это прекратилось. Почти сразу же представитель Северной Кореи запросил дополнительные 40 экземпляров.

[15] В 1958 г. КНР была вовлечена в серьезный конфликт вокруг прибрежных островов. В этой связи Хрущев предупредил Эйзенхауэра о том, что «нападение на КНР ... это нападение на Советский Союз» [5].
В сентябре 1959 Н.С. Хрущев посетил США и вел переговоры с президентом Эйзенхауэром. Вскоре, во время своего визита в КНР в октябре 1959 г., Хрущев уже предостерег китайских лидеров от попыток «испытывать прочность капиталистической системы».

[16] В наши дни текст этого заявления выглядит странным. Основные пункты были [13]:
— китайцы часто делают вещи прямо противоположные тому, что рекомендуют технические советники;
— китайцы создают невыносимую психологическую обстановку вокруг наших специалистов;
— были случаи нападения на советских специалистов;
— и все это происходит несмотря на огромную помощь, оказываемую Китаю советским правительством.

Китайские власти ответили вежливым и разумным письмом. Но ничего уже нельзя было изменить. Было добавлено два дополнительных поезда на линии Пекин-Москва, и эвакуация началась [2,13].

1960 г. последний советский специалист покинул Китай, а все программы помощи были свернуты. Это решение затормозило китайскую ядерную программу на несколько лет.

Тогда же руководство Китая приняло решение удвоить усилия и разрабатывать ядерное оружие, опираясь только на свои силы. Китайская экономика к тому времени уже испытывала серьезные трудности. В 1958 г. был объявлен «Великий скачок вперед». Вслед за этим последовали три катастрофически неурожайных года [12].

Однако, для создания ядерного оружия были мобилизованы колоссальные ресурсы, и 16 октября 1964 года Китай испытал свое первое ядерное устройство — бомбу из обогащенного урана, детонированную методом имплозии. Мощность взрыва достигла 20 килотонн. Это случилось на той же неделе, когда в Москве Н.С. Хрущев был смещен со всех своих постов.

Всего восемью месяцами позже была успешно испытана и оружейная версия этого устройства. Через два года, в октябре 1966 г. в Китае был проведен рискованный запуск ракеты средней дальности с ядерной боеголовкой.

Теоретические исследования по водородной бомбе проводились с 1960 г. В третьем китайском взрыве испытывалось устройство, содержащее литий-6, а спустя всего 32 месяца[17] после первого атомного взрыва, 17 июня 1967 г., была испытана первая настоящая термоядерная бомба с мощностью 3,3 Мт [3].

Изначально китайское ядерное оружие разрабатывалось с советской помощью, очевидно, подразумевая Соединенные Штаты в качестве мишени. Но как только это оружие стало реальностью, «стабильность» холодной войны была нарушена[18]. В конце 1969 и в 1970 гг., после боев на общей границе, Китай перенацелил свои ракеты на Советский Союз.

Немного известно о развитии китайской ядерной промышленности и вооружений в последующие годы.

В период между 1964 и концом 1970-х годов, в отдаленных юго-западных областях Китая была создана полностью независимая инфраструктура для производства ядерного оружия [8]. Проект включал в себя шахты, электростанции, плутониевый реактор, химический комбинат, диффузионный завод и еще одну лабораторию по разработке ядерного оружия.

Осуществление этого проекта, получившего название «Третья линия», оказало крайне негативное влияние на экономическое развитие страны [3]. Наиболее аккуратная оценка общего числа произведенных в Китае боеголовок дает цифру 600 единиц. Существующий на настоящее время арсенал оценивается в 300-450 боеголовок, с суммарной мощностью 400 Мт [3].

---

17 Эти события совпадают по времени с началом «культурной революции». В 1967 г. промышленное производство упало на 15% по сравнению с 1966 г. Последующие годы сейчас иногда называют «десятью потерянными годами» [12].

18 В работе [7] упоминается послание президента Кеннеди Н.С. Хрущеву. Послание касается «средств ограничения или предотвращения» прогресса Китая в ядерной области, и даже «предупредительного удара по китайским ядерным объектам». К сожалению, существование этого послания и подробности переписки не подтверждены другими источниками.

Странный, необычный и недолгий советско-китайский ядерный альянс не имеет близких аналогов в истории.

Свою ядерную, ракетную и авиационную промышленность Китай строил на пустом месте, но с использованием советского опыта и при интенсивной советской помощи. Технические детали этой помощи сейчас в какой-то мере уже известны. Гораздо меньше известно о советском руководстве и структурной организации программы ядерного сотрудничества. Однако понятно, что научные, технические и военные решения были достаточно просты и эффективны, что доказывается быстрым успехом ядерной программы.

Менее всего понятны политические цели и логика государственных решений, так же как и причины советско-китайского разрыва[19]. Хотя сейчас представляется почти очевидным, что именно ядерное оружие ускорило процесс разрыва.

Китайский ядерный опыт помогает определенно ответить и на очень важный вопрос, особенно злободневный в наше время. Насколько трудно для страны обзавестись своим собственным ядерным арсеналом?

Более тридцати лет тому назад высокотехнологичное оружие было создано в бедной стране с ограниченным промышленным потенциалом. И это была исключительно трудная и дорогостоящая задача, даже несмотря на советскую помощь. Для решения этой задачи потребовалась широкомасштабная мобилизация всех сил общества.

Сегодня мы с трудом можем представить, как выглядел бы современный мир, если бы идея ядерного сотрудничества не была бы поддержана советским руководством? Или напротив, если политические лидеры проявили бы больше гибкости, и советская помощь была бы оказана в полном объеме? Сейчас, уже 35 лет спустя, это недолгое сотрудничество СССР и Китая все еще остается самой малоизвестной и загадочной страницей ядерной истории.

В заключение нам хотелось бы выразить надежду на то, что объективная история этого непростого ядерного сотрудничества, написанная самими советскими участниками этого сотрудничества, будет в скором времени опубликована. Возможно, расстановка акцентов и некоторые детали реальных событий будут отличаться от того, о чем было рассказано в докладе. В любом случае, необыкновенно интересно и поучительно видеть, как находятся и встают на свои правильные места детали этой невероятно странной и головоломной мозаики.

---

[19] Очень эмоциональный и очень личностный подход к этой истории мы находим в мемуарах Н.С. Хрущева [9]. Уже в 1954 г., после своего визита в КНР, он предсказывал, что «конфликт с Китаем неизбежен». Его первая публичная атака на китайское руководство была сделана на Третьем Конгрессе коммунистических партий в Румынии, в июне 1960 г. В ноябре, на Московском совещании коммунистических партий, идеологический конфликт продолжал разгораться.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Walker, «The Cold War. A History.», Henry Holt & Co., NY, 1993.
2. J.W .Lewis and X. Litai, «China Builds the Bomb», Stanford University Press, 1988.
3. Nuclear Weapons Databook, vol.V. R.S. Norris, A.S. Burrows, R.W. Fieldhouse, «British, French and Chinese Nuclear Weapons», Westview Press, 1994.
4. Nuclear Weapons Databook, vol.IV. T.B. Gochran, W.M. Arkin, R.S. Norris, J.I. Sands, «Soviet Nuclear Weapons», Harper and Row Publishers, New York, 1989.
5. R. Rhodes, «Dark Sun. The Making of the Hydrogen Bomb.», Simon & Shuster, 1995.
6. «Nuclear Science in China», SCCPRC Report N 10, ed.A.D. Bromley, National Academy Press, Washington, 1980.
7. G. Herken, «Counsels of War», Oxford University Press, 1987.
8. R. Fieldhouse, «China's Mixed Signals on Nuclear Weapons», Bulletin of Atomic Scientists, May 1991, p.37.
9. N.S. Khrushchev, «Khrushchev remembers», Little & Brown, Boston, 1970. N.S. Khrushchev, «Khrushchev remembers; The Glasnost Tapes», Little & Brown, 1990.
10. D. Holloway, «Stalin and the Bomb», Yale University Press, 1994.
11. Wolfram Eberhard, «A Dictionary of Chinese Symbols», Routledge, NY, 1993.
12. J.K. Fairbank, «China. A New History», Harvard Univ. Press, 1994.
13. M.A. Klochko, «Soviet scientist in China», Hollis & Carter, London, 1964.
14. T.B. Cochran et al., «Making the Russian bomb: from Stalin to Yeltsin», Westview Press, Boulder, Colo., 1995.

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ИСТОРИИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА

Визгин В.П.

ВВЕДЕНИЕ

Физика всегда была связана с философией, а в XX в. — особенно. Создатели квантово-релятивистской физики — А. Эйнштейн, Н. Бор, В. Гейзенберг и др. — и философским сообществом были признаны наиболее значительными философами нашего времени. Новая физика потребовала решительного пересмотра понятий пространства и времени, материи, причинности, опыта, укорененных не только в естествознании, но и в философии.

Философским ядром идеологии советского государства стал диалектический материализм, а физика, таким образом, приобрела статус «важнейшего элемента естественнонаучной основы нашей идеологии» (С.В. Кафтанов). С другой стороны, руководители Советского государства с первых лет советской власти рассматривали физику как научную базу новой техники, без которой была немыслима индустриализация страны. В результате она попала под перекрестный огонь, с одной стороны, защитников «философской чистоты», а с другой, — техницистов, утилитарно настроенных идеологов и администраторов науки.

Вместе с тем, научному сообществу советских физиков, которое в 20-е — 50-е гг. возглавляли А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественский, Л.И. Мандельштам, С.И. Вавилов, немалыми усилиями удалось достичь компромисса с властью и — тем самым — заложить фундамент национальной науки мирового уровня.

Начало 30-х гг. совпало с рождением и последующим бурным развитием ядерной физики, теоретической основой которой стала квантово-релятивистская физика. Казалось, что техническое использование ядерной науки — дело далекого будущего, но открытие ядерного деления урана в конце 30-х гг. неожиданно выявило перспективу практического получения атомной энергии и его применения как в мирных, так и в военных целях. В условиях вскоре начавшейся Второй мировой войны это привело к созданию секретных национальных программ по созданию атомного оружия огромной разрушительной силы.

Философско-идеологические вопросы как будто должны были при этом отойти явно на второй план, так как речь шла о прикладной проблеме, решение которой имело бы огромное военно-техническое значение. Но, тем не менее, в истории советского атомного проекта (САП) «философские вопросы», по крайней мере, дважды приобретали определенную остроту.

В ПРЕДДВЕРИИ АТОМНОГО ПРОЕКТА: ОТРАЖЕНИЕ «ФИЛОСОФСКИХ И ТЕХНИЦИСТСКИХ АТАК» И ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ НОРМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ В 1930-е гг.

Открытие нейтрона вызвало второе рождение ядерной физики. В Ленинградском Физтехе создается ядерная лаборатория, затем (в сентябре 1933 г.) в Ленинграде проводится 1-я Всесоюзная конференция по физике атомного ядра. Развертываются ядерные исследования и в других институтах. Но двойной, философско-идеологический и техницистский пресс начинает сказываться. Симптоматичен рассказ С.Э. Фриша о том, что его доклад на семинаре в ГОИ об открытии нейтронов был «квалифицирован (партийным руководством института — В.В.) как попытка отвлечь внимание научных сотрудников ГОИ от стоящих перед ними важных практических задач рассказами об открытии буржуазных физиков, развлекающихся нахождением никому не нужных частиц» [1, с.191]. А.Ф. Иоффе считает полезным подчеркнуть особую ценность диалектического материализма именно в физике ядра, чтобы предупредить философские наскоки на нее: «...Только один диалектический метод может нас продвинуть вперед в такой совершенно новой и передовой области как проблема ядра...» (1934) [2].

В 1936 г. физики в полной мере ощутили опасность этого пресса. На январском совещании, при подготовке к мартовской сессии АН СССР (1936 г.), ставшей всеобщим смотром советской физики, со стороны властей была предпринята энергичная попытка навести в физической науке диалектико-материалистический порядок, но, благодаря твердой позиции, занятой ведущими физиками (А.Ф. Иоффе, Я.И. Френкель, С.И. Вавилов, И.Е. Тамм, В.А. Фок), обсуждение философских вопросов было отложено [3,4][1].

На этом подготовительном совещании и на самой сессии немало говорилось и о том, что именно от нее можно ожидать «нового технического переворота» (Френкель, Иоффе, Тамм, Курчатов). Физикам удалось уговорить руководство Наркомтяжпрома в целесообразности финансирования исследований в области атомного ядра. Начальник научно-исследовательского сектора Наркомтяжпрома, к которому относились ведущие в области ядерной физики институты (ЛФТИ, УФТИ и др.), А.А. Арманд говорил на сессии: «Мы считаем и даже настаиваем на том, чтобы работы и в области атомного ядра, и в области теоретической физики велись в наших институтах. Мы считаем, что квалифицированная помощь промышленности физикой может быть оказана только тогда, когда физика будет на высоком уровне» [5, с. 131-132].

---

[1] Давление было весьма сильным и опасным. А.М. Деборин, призванный организаторами сессии в качестве «философского авторитета», говорил: «Вся совокупность категорий новейшей физики... является орудием в руках фашизма для построения его концепций..., что под влиянием этих (т.е., идеалистических — В.В.) течений в значительной степени находятся наши физики. Не наступило ли время, чтобы круто совершить поворот от идеализма к материализму диалектическому?» [4, с. 44].

Снятие же с повестки дня «поворота от идеализма к материализму диалектическому» обеспечивало (по крайней мере на время) нормальные условия для развития теоретических основ физики микромира.

«Философская атака» направлялась новыми академическими властями (Г.М. Кржижановский, Н.П. Горбунов) и осуществлялась группой профессиональных философов и отдельных физиков (А.М. Деборин, А.А. Максимов, А.К. Тимирязев, В.Ф. Миткевич и др.). В 1937-1938 гг. энергично ратовал за проведение «философской сессии» В.Ф. Миткевич, поддержанный руководством Академии. Эта атака была нацелена на ведущих теоретиков, занимавшихся в частности и ядерной физикой (И.Е. Тамм, Я.И. Френкель, М.П. Бронштейн, Л.Д. Ландау, В.А. Фок и др.), а также лидеров советской физики, активно поддерживающих эти исследования (А.Ф. Иоффе, С.И. Вавилов, Л.И. Мандельштам). Все же обороняющимся удалось убедить академическое руководство в нецелесообразности проведения такой сессии; решающую роль в этом сыграло письмо В.А. Фока в Президиум АН СССР, в котором был убедительно показан «недопустимо низкий научный уровень (ожидаемой сессии — В.В.), недостойный советской науки и советской Академии наук» (цит. по [6]). Стремясь ослабить идеологический пресс, А.Ф. Иоффе старался приспособить диамат для защиты ядерной физики. На открытии II-ой Всесоюзной конференции по атомному ядру (24 сентября 1937 г.) он говорил: «С переходом к атомному ядру мы вступаем в новую, специфическую область, где имеет место ряд совершенно новых закономерностей... К сожалению, среди советских ученых есть ряд лиц, которые... в появлении в каждой области новых закономерностей — естественных (с точки зрения диалектического материализма), видят, наоборот, какую-то идеалистическую ересь. Я думаю, что здесь никакой идеалистической опасности нет, наоборот, и т. д.» [7, с. 22].

В результате, несмотря на «сгущавшиеся порою тучи» и отдельные потери (например, уход Д.С. Рождественского из ГОИ в связи с признанием его темы по спектроскопии редкоземельных элементов технически бесполезной), научное сообщество физиков сумело избежать философского и утилитаристского погрома в области теоретической и ядерной физики и сохранить необходимый для реализации САП научный потенциал.

АТОМНЫЙ ПРОЕКТ СПАСАЕТ ФИЗИКУ ОТ «ФИЛОСОФСКО-КОСМОПОЛИТИЧЕСКОГО» РАЗГРОМА (1949 Г.) [8, 9]

В конце 1948 г. и начале 1949 г. советский атомный проект вышел на финишную прямую,[2] и в это же время энергично готовилась «оздоровительная

[2] Летом 1948 г. в Челябинске-40 был пущен первый промышленный реактор, но освоение технологии получения плутония для первой атомной бомбы началось там только в январе-феврале 1949 г. С большими трудностями как раз весной 1949 г. производился пуск газодиффузионного завода по получению оружейного урана. В апреле в лаборатории № 3 был произведен пуск первого тяжеловодного реактора. В Арзамасе-16 к этому времени были закончены все конструкторские работы по атомной бомбе и шла подготовка к ее полигонным испытаниям.

буря» в физике, подобная только что состоявшейся разгромной сессии ВАСХНИЛ в биологии.

Как и в 30-е гг., совещание готовилось весьма тщательно, но масштаб подготовки был куда более значителен (с 20 декабря 1948 г. по 16 марта 1949 г. состоялось 42 подготовительных заседания). Наряду с разоблачением идеализма планировалась и борьба с космополитизмом, новая идеологическая кампания, открывшаяся в начале 1949 г. Список «идеалистов» и «безродных космополитов» возглавляли ведущие советские физики: А.Ф. Иоффе, Я.И. Френкель, И.Е. Тамм, В.А. Фок, Л.Д. Ландау, П.Л. Капица, М.А. Марков, М.А. Леонтович, А.А. Андронов, Г.С. Ландсберг, В.Л. Гинзбург, С.Э. Хайкин, С.Э. Фриш, Е.М. Лифшиц, Э.В. Шпольский, С.М. Рытов и др.

Одни из этих ученых внесли значительный вклад в ядерную физику (Иоффе — как организатор, Френкель, Тамм и др.), другие — в квантово-релятивистский фундамент ядерной физики (Фок, Ландау, Лифшиц, Марков, Леонтович и др.), некоторые из уже названных принимали то или иное участие в атомном проекте (Ландау, Тамм, Гинзбург). Физические лидеры атомного проекта — И.В. Курчатов, И.К. Кикоин, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, А.И. Алиханов, Г.Н. Флеров, И.Я. Померанчук, Л.А. Арцимович, И.И. Гуревич и др. в основном принадлежали к школе Иоффе или были тесно связаны с ней.

«Философско-космополитический» погром грозил резким снижением общего уровня исследований и преподавания и мог отрицательно сказаться на развитии работ по созданию атомного и термоядерного оружия. Этот мотив прозвучал в выступлениях С.И. Вавилова, А.А. Андронова, В.Л. Гинзбурга и др. (В.Л. Гинзбург, имея в виду теорию относительности и квантовую механику, говорил: «Без использования этих теорий работа в области атомной и ядерной физики просто невозможна» [8, с. 365].

Имеется целый ряд свидетельств (но нет определенных документальных доказательств) того, что решающую роль в переносе совещания на неопределенный срок сыграло обращение И.В. Курчатова к властям с просьбой не устраивать это совещание в ближайшее время, — т.к. оно могло бы так или иначе повредить напряженной работе физиков по атомному проекту[3].

[3] Из воспоминаний С.Э. Фриша: «Несколько позже я узнал: незадолго до заседания Курчатов обратился в правительство с заявлением, что снимет с себя всякую ответственность за дальнейшие успехи в развитии ядерного оружия, если теория относительности и квантовая механика окажутся под запретом. На руку физике сыграла несомненная практическая значимость ее теорий. Физика была спасена» [1, с.357]. Из рассказа генерала В.А. Махнева, сообщенного И.Н. Головиным: «Мы делаем атомную бомбу (отвечал И.В. Курчатов на вопрос Л.П. Берии об идеалистичности упомянутых выше теорий и необходимости отказа от них — В.В.), действие которой основано на теории относительности и квантовой механике. Если от них отказаться, придется отказаться и от бомбы» (цитир. по [9. с. 161]). В подготовленных к публикации воспоминаниях В.Ф. Калинина, ученого секретаря секции ядерных реакторов ИТС Спецкомитета, приводится рассказ одного из руководителей Министерства электротехнической промышленности Д.Ф. Ефремова о встрече Сталина с Курчатовым. На этой встрече Сталин предложил выступить Курчатову на «несостоявшемся совещании», но заметив его сильное волнение и услышав в ответ, что это помешает работе над бомбой, якобы заключил: «Не волнуйтесь, товарищ Курчатов, не волнуйтесь, это сделаем потом ...» [10, с.133].

«ЯДЕРНЫЕ АРГУМЕНТЫ» В БОРЬБЕ ЗА ФИЗИКУ (1949-1953 ГГ.)

Сравнительно недавно появилось еще несколько убедительных документированных подтверждений того, что атомная бомба помогала физикам отражать «философские атаки».

В 1952 г. появляется знаменитая «зеленая книга» с целой серией антирелятивистских и антиквантовых статей [11], тогда же появляется статья А.А. Максимова «Против реакционного эйнштейнианства в физике», и группа авторитетных физиков, связанных с атомным проектом и хорошо известных его партийно-государственному шефу Л.П. Берии, обращаются к последнему с изложением своей позиции и просьбой опубликовать ответную статью В.А. Фока «Против невежественной критики современных физических теорий»[4]. В письме в нескольких местах подчеркнуто, что квантовые и релятивистские теории, ставшие объектом «невежественной критики», являются «теоретической базой электронной и атомной техники» и что «проблемы элементарных частиц и ядерных сил не могут быть разрешены без использования теории относительности». Берия попросил разобраться с этим Г.М. Маленкова, который перепоручил дело секретарю ЦК КПСС Н.А. Михайлову и зав. отделом науки ЦК КПСС Ю.А. Жданову. В результате статья Фока была опубликована в «Вопросах философии».

Второй сюжет связан с борьбой «академических» и «университетских» физиков за физфак МГУ в 1952-1954 гг., завершившийся победой первых и серьезными кадровыми и структурными изменениями. И после «несостоявшегося совещания», в начале 50-х гг., «университетские» физики (А.А. Соколов, Ф.А. Королев, Н.С. Акулов, В.Ф. Ноздрев, А.К. Тимирязев, Р.В. Телеснин, Х.М. Фаталиев и др.) занимали руководящее положение на физфаке, не допуская туда ведущих «академических» физиков В.А. Фока, И.Е. Тамма, М.А. Леонтовича и др. В борьбе за влияние на физфаке они активно использовали «антиидеалистическую» и «антикосмополитическую терминологию». В 1953 г. была организована проверка факультета комиссией ЦК КПСС под руководством министра средмаша В.А. Малышева (в комиссию входил также И.В. Курчатов), приведшая к его радикальному преобразованию. Началу работы комиссии предшествовало письмо министра культуры П.К. Пономаренко, В.А. Малышева, президента АН СССР А.Н. Несмеянова и академика-секретаря физико-математического отделения Академии М.В. Келдыша в Президиум ЦК КПСС от 12.XI.1953 г., начинавшееся так: «Группа ученых: академики Курчатов И.В., Леонтович М.А., Соболев С.Л., Лаврентьев М.А., Фок В.А., Тамм И.Е., Арцимович Л.А., Петровский И.Г., член корреспондент Мещеряков М.Г. и профессор Блохинцев Д.И. в беседах с нами сообщили о неблагополучном, по их

---

[4] Письмо было подписано И.Е. Таммом, Л.А. Арцимовичем, И.К. Кикоиным, И.Н. Головиным, М.А. Леонтовичем, А.Д. Сахаровым, Л.Д. Ландау, А.П. Александровым, А.И. Алихановым, М.Г. Мещеряковым. В сопроводительной записке И.В. Курчатова говорится, что взгляды В.А. Фока разделяет он сам, И.Е. Тамм, И.К. Кикоин, С.Л. Соболев, Д.И. Блохинцев и И.Н. Головин.

мнению, положении дел на физическом факультете МГУ.» (цитир. по [13, с. 247]). Все упомянутые, за исключением Петровского и Фока, принимали самое активное участие в атомном проекте. В письме рекомендовалось привлечь к преподаванию на факультете ряд «академических физиков», в том числе тесно связанных с атомным проектом И.Е. Тамма, М.А. Леонтовича, Л.А. Арцимовича, Л.Д. Ландау, Е.К. Завойского, М.Г. Мещерякова и др. По предложению Курчатова деканом факультета был назначен сотрудник ЛИПАНа В.С. Фурсов. В «ядерном происхождении» событий на физфаке МГУ сомневаться не приходится.

Впрочем, «ядерный щит» и после смерти Сталина не был стопроцентной гарантией «неприкосновенности» даже для таких ведущих фигур САП, как И.Е. Тамм, Л.А. Арцимович, М.А. Леонтович, А.И. Алиханов, Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдович и др. Об этом свидетельствует, например, письмо инструктора отдела науки ЦК КПСС А.С. Монина в секретариат ЦК от 30. V. 1958 г. в связи с предстоявшими в июне 1958 г. выборами в АН СССР, в котором о Я.Б. Зельдовиче, например, говорилось: «По своей общественной деятельности близок к группировке академика Ландау, известен своим национализмом, нигилистическим отношением к методологическим проблемам и необъективным отношением ко многим советским ученым и т.п.» [14, с.7]. Тем не менее, информирует автор письма, «академик И.В. Курчатов вопреки мнению отдела науки, вузов и школ ЦК КПСС добился открытия вакансии для избрания в академики по физике члена-корреспондента АН СССР Я.Б. Зельдовича и т.д.» Как известно, в конечном счете Зельдович был избран академиком, что подтвердило силу «ядерного щита» и солидарности научного сообщества.

В 1962 г. П.Л. Капица, описывая это столкновение физики и атомного проекта с «философско-идеологическими токами», характеризовал его как опасный для страны «отрыв ... философов от опыта и жизни»: «У многих еще свежо в памяти, как ряд философов, догматически применяя метод диалектики, доказывал несостоятельность теории относительности. Наибольшей критике со стороны философов подвергался вывод теории ... ($E = mc^2$). Физики уже давно проверили этот закон Эйнштейна на опыте с элементарными частицами ... (Затем — В.В.) физики ... проверили закон Эйнштейна ... в масштабах атомной бомбы. Хороши были бы физики, если бы последовали за выводами некоторых философов и перестали работать над проблемой применения теории относительности к ядерной физике! В какое положение физики поставили бы страну, если бы они не были подготовлены к практическому использованию достижений ядерной физики?» [15, с.194-195].

Изложенный таким образом весь этот сюжет приобретает характер хрестоматийного «урока истории» на тему об опасности философско-идеологического вмешательства в науку.

Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, код проекта РГНФ 96-03-04352.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Э.Фриш. Сквозь призму времени. М., Политиздат, 1992.
2. А.Ф. Иоффе. Расщепление атомного ядра // Вестник знания, 1934, №11, с.698.
3. В.П. Визгин. Мартовская (1936 г.) сессия АН СССР: советская физика в фокусе // Вопросы истории естествознания и техники, 1990, №1, с. 63-84.
4. В.П. Визгин. Мартовская (1936 г.) сессия АН СССР: советская физика в фокусе II (архивное приближение) // Там же, 1991, №.3, с.36-55.
5. Сессия АН СССР 14-20 марта 1936 г. // Изв. АН СССР. Отд. матем. и естеств. наук. Сер. физ. 1936, № 1-2, с. 5-409.
6. Г.Е. Горелик. Натурфилософские установки в советской физике (1933-1938) // Философские исследования, 1993, №4, с. 313 - 334.
7. Вклад академика А.Ф. Иоффе в становление ядерной физики в СССР. Л., Наука, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 1980.
8. К.А. Томилин. Несостоявшийся погром в теоретической физике (1949 г.) // Философские исследования, 1993, №4, с. 335-371.
9. А.С. Сонин. «Физический идеализм»: История одной идеологической кампании. М., Физматлит, 1994.
10. В.Ф .Калинин. Воспоминания. // Вопросы истории естествознания и техники, 1996, №2, с.125-139.
11. Философские вопросы современной физики. М., Изд. АН СССР, 1952.
12. Берия и теория относительности (публикация С.С. Илизарова и Л.И. Пушкаревой) // Истор. архив, 1994, №3, с.215-223.
13. А.В. Андреев. Социальная история НИИЯФ МГУ (1922-1954). Диссертация на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. М., 1996.
14. Академический бум 1958-го (публикация С.С. Илизарова) // Московская правда, 19.VII.1994, с.7.
15. П.Л. Капица. Эксперимент. Теория. Практика (1962) // В кн.: П.Л.Капица. Эксперимент. Теория. Практика. Статьи, выступления. М., Наука, 1981, с.189-196.

АТОМ И ПОЛИТИКА. ГУМАНИСТЫ XX ВЕКА

Ткач К.Г.

ЧАСТЬ I

Введение

История создания ядерного (ЯО) и термоядерного оружия (ТЯО) в середине XX века подробно описана в работах [1-5]. Возникшие при этом политические проблемы обстоятельно рассмотрены в работах [3-6].

Сегодня очевидно, что ЯО — «дитя» фашизма и Второй мировой войны. В 1945 г. ядерный джин вышел из бутылки и с помощью ученых оказался в жестких руках президента США Гарри Трумэна. Через четыре года чрезвычайных и направленных усилий всего советского народа А-бомба была успешно испытана и в СССР. Основные этапы этих эпохальных событий известны [5].

Истоки

В 1939-40 гг. стало ясно, что при делении атомов урана в потоке нейтронов выделяется энергия в миллион раз больше, чем при сгорании равного количества органического топлива (например, угля). Возможность осуществления реакции деления атомов урана логически порождала мысль о возможности практического использования внутриатомной энергии. Именно в это время многие выдающиеся ученые Европы в едином творческом порыве приступили к решению чрезвычайно сложной и перспективной урановой проблемы.

1938-1939 гг. — начало Второй мировой войны в Европе разрушило единство ученых, работавших над изучением внутриатомной энергии урана. Создание сверхмощного, невиданного ранее оружия с использованием внутриатомной энергии стало основной целью исследований атомного ядра.

1933-1940 гг. — под угрозой физического уничтожения большая группа выдающихся ученых физиков и химиков эмигрирует в Великобританию и США. Так в 1933 г. Эйнштейн покинул Берлин, а Лиза Мейтнер — Австрию. Затем выехали группы Энрико Ферми из Италии, Ю. Вигнера и Лео Сциларда из Венгрии, Г. Халбана и Л. Коварского из Франции, Макса Борна,

Дж. Франка и В. Вайскопфа из Германии. Позже среди эмигрантов оказался и Нильс Бор из Дании.

Другая группа ученых, среди которых К. Вейцзеккер, В. Гейзенберг, Отто Ган и др., остались в фашистской Германии. Научный потенциал ученых-атомщиков Германии был высок. Ни у кого не возникало сомнения, что они способны создать атомное оружие. Об этом в Принстоне А. Эйнштейн дважды писал президенту США Ф.Рузвельту. Опасность для мира была велика, но ... пока она непосредственно не затрагивала интересы и безопасность Великобритании и США, работы над урановыми проектами были ограничены.

22 июня 1941г. — Германия напала на СССР.

Осень 1941г. — разгром Франции, начало бомбардировок городов Великобритании, заключение союза между Великобританией, США и СССР против Германии и ее сателлитов.

7 декабря 1941г. — США объявляют войну Японии после коварного нападения ее на базу ВМФ США в Перл-Харборе.

13 августа 1942 г. — президент США Ф. Рузвельт утверждает Манхэттенский проект для создания атомной бомбы.

2 декабря 1942 г. — Э. Ферми успешно осуществляет эпохальный пуск первого уран-графитового реактора (котла) в помещении, расположенном под трибунами стадиона в Чикаго, и впервые получает самоподдерживающуюся цепную реакцию деления атомов урана в потоке нейтронов, регулируемую стержнями из кадмия. Масштабы и характер возможных разрушительных последствий атомной бомбы никто тогда не знал. Ученые искренне радовались новому достижению человеческого разума в познании сил, заключенных в недрах атомного ядра. В декабре 1943 г. из Англии к Проекту подключают физиков Р. Пайерлса, К. Фукса и др.

Июль 1945 г. — грандиозный Манхэттенский проект завершается успешным испытанием атомного взрывного устройства на полигоне Тринити в штате Невада. Идея атомной бомбы осуществлена. Политическое значение этого исторического факта ощутили на себе все участники исторического совещания союзников во Второй мировой войне в Потсдаме (июль-август 1945 г.). Подробно см. [6].

Настоящая политика — дело, как известно, тонкое. Для нее крайне вредны как ура-патриотизм, невежественный национализм, так и осторожный пессимизм. Яркий исторический опыт таких подходов дает нам анализ основных этапов Уранового проекта в Великобритании в 1941-1952 гг.:

Апрель 1941г. — эмигранты из Европы, англичане Пайерлс и Фриш подготовили доклад Урановому комитету (МОУД) Великобритании о возможности создания атомной бомбы. Дж. Чедвик категоричен: «Англия все может сделать сама» (?!). Уинстон Черчилль ухватился за Урановый проект подобно утопающему за соломинку. Франция разбита. Англия осталась один на один с Германией и ее союзниками, но ... постоянно ведет двойную игру с США и СССР.

Июль-октябрь 1941 г. — Черчилль предлагает президенту США Ф. Рузвельту заключить с ним тайный союз для разработки атомной бомбы без СССР!

Принцип прост: идеи наши — деньги ваши. Достижения физиков Великобритании в тот период были впечатляющими.

Лето 1942 г. — президент и руководство «Манхэттенского проекта» в США решили, что под градом немецких бомб Великобритания не сможет быть серьезным помощником США в создании атомного оружия. Слишком сложна, трудоемка и дорога Урановая проблема. Первую группу английских ученых в США постепенно отстраняют от проведения основных исследований. Интересы США дороже.

Август 1943 г. — совещание в Квебеке (Канада). Черчилль настаивает на равном сотрудничестве при создании атомной бомбы. Успех группы Ферми и Сциларда все ставит на свое место. Рузвельт и Гровс неумолимы. США обещают военную помощь Великобритании, но от участия в Проекте категорически отказывают. Вторая группа английских специалистов поехать в США не смогла.

1950 г. — ссылаясь на бремя политических и экономических проблем в послевоенной Великобритании национал-патриоты физики Г. Тизард и П. Блэкетт выступают против разработки атомной бомбы: «стремясь догнать великие державы, мы вскоре перестанем быть великой нацией», — утверждают они. Руководство Великобритании и Уранового проекта все же ведут дело к логическому концу. Усилиями В. Пенни и Дж. Андерсона работы по созданию атомного оружия интенсивно продолжаются. И вот Великобритания вслед за СССР успешно испытала атомную бомбу 3 октября 1952 г. на полигоне в Австралии, а водородную — 15 мая 1957 г. на одном из островов Тихого океана [7].

О том, кто и как создавал атомное и водородное оружие в СССР и других странах подробно см. [3-5].

Мы же отметим, что Великобритания, Франция и Китай добились своего «величия» малой кровью за счет народов США и СССР, затраты труда и энергии которых были неизмеримо большими.

ЧАСТЬ II
Анализ основных причин успешного создания А-бомбы в СССР

Во-первых — это способность руководства страны и советского государства оперативно сконцентрировать научный, людской, финансовый и промышленный потенциал страны, эффективно использовать победный энтузиазм ее граждан. Только в 1948-1952 гг. по заданиям ПГУ работало от 200 до 300 тысяч заключенных, саперов и военных строителей и войск МВД на сумму несколько сот миллионов рублей/год (см. доклад А.К. Круглова на настоящем симпозиуме). Задача была сформулирована четко — «Создать А-бомбу любой ценой, срочно и чрезвычайно секретно». Это позволило создать основы атомной науки и промышленности в СССР в 1943-1950 гг.

Во-вторых — высокий уровень советской науки, особенно в области космических лучей, физики ядра и радиоактивных изотопов, наличие таких школ как А.Ф. Иоффе, И.Е. Обреимова, Д.В. Скобельцина, С.И. Вавилова, П.Л. Капицы и др. [8,9]. При этом нужно отметить квалифицированную дружескую

помощь ведущих физиков мира (П. Эренфест, Э. Резерфорд, Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, Н. Бор и др.), которая позволила большой группе талантливых молодых физиков пройти стажировку в крупнейших исследовательских центрах Европы. Именно из них сформировалось ядро тех ученых, которые в 1940-1950 гг. работали над атомной проблемой в СССР.

В-третьих — эффективная работа советской научно-технической разведки при активной помощи антифашистов, что помогло нашей стране быстро и со значительно меньшими затратами создать атомную бомбу уже в 1949 г. Нам помогло именно сочувствие передовых ученых Европы идеям социализма и коммунизма, их бескорыстное желание помочь союзнику, молодому советскому государству, в неравной борьбе с фашизмом и империализмом.

Наиболее яркая фигура среди них Клаус Фукс. Клаус Фукс родился в Германии в семье пастора-социалиста. На его глазах национал-социализм превратился в германский фашизм. Эмигрировав в Лондон, он по ИНИЦИАТИВЕ КОММУНИСТОВ ГЕРМАНИИ обратился в Советское посольство с предложением бесплатного сотрудничества по проблемам физики урана и, рискуя жизнью, шесть лет передавал крайне ценную информацию из Лондона и Лос-Аламоса (США) в Москву! В феврале 1950 г. он был разоблачен ФБР и предан суду в Великобритании как английский подданный. Через восемь лет его освободили, приняв во внимание бескорыстие и личное стремление помочь союзнику (СССР). Он вернулся в ГДР и умер там в 1988 г. До конца своей жизни он не получил официального признания своих заслуг со стороны правительства СССР [11]. СЕГОДНЯ ЭТО НАШ ДОЛГ ПЕРЕД ЕГО СВЕТЛОЙ ПАМЯТЬЮ И ДРУГИМИ ИНФОРМАТОРАМИ.

В-четвертых — отметим вклад немецкого и чехословацкого народов в решении острейших проблем урановых руд и немецкий в работах по разделению изотопов урана и водорода, созданию основ промышленного производства изделий из урана (гр. Н. Риля на заводе № 12), получению ряда ценных приборов и техники [4].

В-пятых — определенный вклад внесло набиравшее силу сионистское движение за разгром фашизма и становление государства Израиль [13-15]. На этом стоит остановиться несколько подробнее.

Согласно версии Германа Смирнова, под давлением сионистских кругов госсекретарь Гарри Гопкинс в 1943-45 гг. с согласия президента США передал И. Сталину 3,6 т графита фирмы Acheson марки «ВЧ», несколько сот килограммов оксида урана высокой чистоты и оксид тория, ценные приборы и технику по ленд-лизу в обмен на обещание дипломатического признания государства Израиль [4,16]. Обещание Сталин сдержал, но от военной поддержки его в 1948 г. отказался.

Конечно, версия Германа Смирнова требует более тщательной проверки не только в архивах МАЭ, но и в МИДе РФ. Активное участие в работах по урановому проекту в СССР до 1949 г. большого числа видных ученых, инженеров и специалистов еврейского происхождения хорошо известно. Открытая публикация книг Г. Смита [18] и К. Гудмена [19] в 1945-1948 гг. по рекомендации В. Буша и Р. Оппенгеймера [6] была важным вкладом при разработке

уранового проекта в СССР. Ситуация изменилась в 1949 г. (после испытания первого советского ядерного устройства), когда началась практически негласная кадровая «чистка» в аппарате и на предприятиях ПГУ «по пятому пункту». Это помнят ветераны НИИ, КБ и заводов отрасли [20-23].

В-шестых — идеи национал-патриотизма ученых при освоении атомной энергии до сих пор широко в печати не обсуждались. Однако их обсуждение представляет определенный интерес, так как по-видимому, в ряде случаев именно они влияли на выбор позиции и на поступки некоторых участников войны в Европе и политическую обстановку в мире до и после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Они стремились к равновесию сил в мире и защите интересов своей Родины [24][1].

«Чистым» физиком-антифашистом, пожалуй, был только гениальный Энрико Ферми. Но и его убедили поддержать идею атомной бомбардировки Японии. Великий А. Эйнштейн оказался в плену антифашистских и, возможно, сионистских идей под влиянием Лео Сциларда и его окружения. Антифашист и националист по убеждению Роберт Оппенгеймер выделял значительные суммы сионистским кругам. Протесты этих выдающихся ученых после варварской бомбардировки городов Японии уже не могли ничего исправить. Гарри Трумэн (новый президент) и та богатейшая элита США, которая его поддержала на выборах — политики и крупные финансисты, взяли атомную дубинку в свои крепкие руки [3].

Важно подчеркнуть, что мощь и подлинную силу атомной бомбы в СССР тогда еще не представляли. Узнали об этом в поверженной Хиросиме от посла и военного атташе СССР в Японии (имеется фильм и доклад) [5].

После варварской бомбардировки Японии в сентябре 1945 г. Гарри Трумэн четко заявил: «Отныне европейские государства, включая Великобританию (!), только пуговицы, прочно пришитые к моему пиджаку». Так утверждалось «право» США на мировое господство и начинался атомный шантаж СССР. Подробно см. [3,6].

Недвусмысленное стремление США к лидерству на американском континенте — доктрина Монро, а в первые послевоенные годы и в Европе, изоляция англичан от работ по Манхэттенскому проекту и далее при создании водородной бомбы, а также провозглашенная Трумэном политика атомной силы, заставили многих крупных ученых Великобритании, Франции и других стран Европы и СССР глубже оценить политическое значение Урановой проблемы в целом и резко усилили их национал-патриотические позиции. Это привело к появлению стойкого противостояния политике США у Клауса Фукса. Крупный ученый, коммунист Ф. Жолио-Кюри был отстранен от руководства Комиссариатом по атомной энергии Франции по политическим соображениям. С другой стороны, немецкий ученый Гейзенберг до конца боролся за торжество немецкого духа в уже осажденной Германии. Это подтверждает и его отказ от сотрудничества с Нильсом Бором при их встрече в 1941 г. [25].

---

[1] Рассуждения автора, изложенные в пятом и шестом разделах являются его личными умозаключениями и документальных подтверждений не имеют. - *Прим. ред.*

В-седьмых — борьба И.В. Курчатова, И.Е. Тамма, А.Ф. Иоффе за свободное развитие квантовой физики и науки в СССР [26]. В марте-июне 1949 г. И.В. Курчатов, рискуя всем, публично отстоял советских физиков, а по существу и национальную школу, от ее уничтожения. В то время с согласия Сталина и Берии физиков обвинили в «идеализме» и связях с заграницей (информация ученого секретаря секции № 1 при НТС ПГУ СССР В.Ф. Калинина в РНЦ «Курчатовский институт», 26.10.1994 г.). Однако, после выступления Курчатова в защиту основ квантовой физики процесс не состоялся. Помогла и активная гражданская позиция академиков И.Е. Тамма, А.Ф. Иоффе и Я.И. Френкеля [16, 24].

В заключение отмечу, что подавляющее число даже руководящих и активных участников Уранового проекта в СССР ничего не знали о зарубежной информации разведки, трудилось с полной самоотдачей в крайне вредных и технически не приспособленных условиях с целью срочного создания атомного оружия и защиты рубежей нашей Родины от атомного шантажа США [5].

Таковы, видимо, основные истоки успешного и скорого решения проблемы урана и трития в СССР, создания основ для развития атомной энергетики.

ЧАСТЬ III
Гуманисты XX века

Гуманизм — это величайшая нравственная ответственность ученых за судьбы Цивилизации. Фашизм в центре Европы и милитаристская Япония были разгромлены силами СССР и союзников. Идеи социализма и коммунизма завоевали сердца людей во всем мире. Великая империя Великобритании распалась и потеряла лидерство в послевоенной Европе. Черчилль понял это раньше всех. Это стало причиной возникновения холодной войны и появления идеи «равновесия страха» в мире, где ядерным оружием владели сначала США, а затем СССР и Великобритания. Борьба за уничтожение оружия чудовищной разрушительной силы, очевидно, способствовала укреплению позиций всех гуманистов в Европе и в мире.

Это проявилось в активной общественной позиции выдающихся политиков и ученых-гуманистов XX века, которые пытались противостоять политике правительства США, Великобритании, а позднее и СССР. Первыми об опасности милитаризма заговорили А. Эйнштейн, Дж. Франк, Нильс Бор и Лео Сцилард. Они призвали правительства США и Великобритании заключить международные соглашения о контроле над ядерным оружием [3]. В. Буш и Г. Стимсон боролись за сотрудничество с СССР.

Нильс Бор считал необходимым не только обеспечить гласность в этом вопросе, но и передать секреты атомного оружия Советскому Союзу.

Гениальный физик Нильс Бор был наивным политиком. Его письма и призывы к миру и защите цивилизации, личные беседы с Ф. Рузвельтом и У. Черчиллем напоминали бой Дон-Кихота с ветряными мельницами. Правда, Рузвельт был близок к тому, чтобы разделить эту идею (сказалось, по-видимому, доверие к Сталину). Однако Черчилль был неумолим и рассматривал

позицию Бора как государственную измену (см. [7]). В 1946 г. Черчилль и Трумэн заявили об имперских интересах Великобритании и США в политической борьбе разных систем власти.

Нильс Бор боролся за дорогие ему единство науки, мир и прогресс цивилизации. Встреча с советским физиком Терлецким по рекомендации П.Л. Капицы в Копенгагене (ноябрь 1945 г.) показала, что Нильс Бор по-прежнему сочувствует СССР и выступает за мир на земле. Однако он был крайне осторожен. Беседа с Терлецким проходила под контролем агентуры Великобритании и Дании[2] (частное сообщение Дэвида Холлоуэя, РНЦ «Курчатовский институт», 1995г.) [11].

Коммунист Ф. Жолио-Кюри в годы фашистской оккупации остался в Париже и стал участником сопротивления. Вскоре после войны он становится руководителем Комиссариата по атомной энергии Франции. В 1952 г. Жолио-Кюри избирается председателем Всемирного Совета Мира.

В 1957 г. в мире было проведено около 200 испытаний ЯО суммарной мощностью до 10 млн. тонн ТНТ. Первыми с обоснованным протестом против испытаний А-бомб в Японии в 1945 г. выступили Л. Сцилард, Дж. Франк, Р. Лэпп и др. В 1957 г. против наземных испытаний ЯО в СССР выступили биофизики О.И. Лейпунский и Е.К. Федоров (см. [3] и «История атомного проекта», ИАЭ, Вып. 2/95, с. 62). Пример гражданского протеста во имя мира и процветания на земле в 70-е годы показал Трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Нобелевской премии мира, академик А.Д. Сахаров. За свою гражданскую позицию он долгие годы пребывал в Горьковской ссылке и был предан политической анафеме в 1973 г. И все же, на мой взгляд, генералы и ученые КБ-11 и Лос-Аламоса несут личную ответственность за разработку различных систем ТАКТИЧЕСКОГО ЯО для ВСЕХ родов войск !??. Это особый вопрос. Я его только ставлю на обсуждение.

В наше время полезно вспомнить и о гражданской позиции 25 лауреатов Нобелевской премии, призвавших президента Рейгана к полному прекращению подземных ядерных испытаний.

Таким образом, именно создатели самого разрушительного в мире оружия физики-атомщики и биофизики на всех этапах политического развития общества убеждали (и до сих пор продолжают убеждать) мир в недопустимости использования атомного и других видов оружия массового поражения. Часто отстаивание этой позиции не приносило личных выгод. Их лишали престижных государственных постов, подвергали полицейскому преследованию. Однако они находили в себе мужество бороться за великие идеи гуманизма [16, 26].

Именно такая гражданская позиция отличает просто известных (в своем кругу), видных (по должности), крупных и выдающихся (по научным результатам) от подлинно великих ученых и гуманистов, какими в России были М.В. Ломоносов, Д.И. Менделеев, И.П. Павлов, В.И. Вернадский и А.Д. Сахаров.

---

[2] Подробно о визите Я.П. Терлецкого к Н. Бору см. в материалах семинара памяти Н. Бора. I том материалов настоящего симпозиума. — *Прим. ред.*

В наше время чрезвычайная мощь и опасность ядерного и термоядерного оружия изменили политические взгляды большинства руководителей мира. Вторично (после договора 1963 г.) коллективный разум победил силу их политических интересов. Подробно см. статью В.Н. Михайлова в газете «Век» №15, 12-18 апреля 1996 г.

В 1995 г. ООН единогласно проголосовала за бессрочное продление договора о нераспространении ЯО.

Московский саммит глав восьми государств мира по проблемам ядерной безопасности подтвердил ее решение (апрель 1996 г.) и рекомендовал прекратить испытания ЯО [27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
Атомная бомба — «дитя» фашизма и II Мировой войны

История Атомного Проекта в мире показывает, что даже выдающиеся политики не доверяют ученым, склонны к «волевым» решениям и активно действуют тогда, когда драматическое или опасное для страны событие уже свершилось.

В процессе «холодной войны» правительства и руководители США и СССР довели гонку вооружений до 300 миллиардов долларов и рублей в год! Только оружейного плутония и урана-235 для ядерных боеприпасов было изготовлено свыше 1000 тонн! Такого количества боеголовок достаточно для многократного уничтожения земной цивилизации [26].

Спрашивается, где же были разум и «здравый смысл» наших политиков?! И где же были наши ученые?!

Они, как известно, искренне «боролись, призывали и настаивали» и даже созвали Всемирный Конгресс за мир в Стокгольме (1952 г.), но ... БЫЛИ ЛИШЕНЫ РЕАЛЬНОЙ ВЛАСТИ. На протесты Нильса Бора, А.Д. Сахарова и др. ответ был четкий — «не Ваше дело»!?

Сегодня весь мир на маленькой планете Земля, с населением около 6 млрд. человек, поставлен перед исторической необходимостью решения острейших проблем обнищания и голода 1/3 землян, энергетики, экологии и демографии, борьбы с терроризмом, национальной ограниченностью за права человека, развития информатики и фундаментальных основ науки и техники.

Очевидно, что решение стольких сложных и объективных проблем современной цивилизации требует нового СИСТЕМНОГО подхода и тесной взаимосвязи политиков и ученых разных профессий.

Мне кажется, пришло время в рамках ООН, ЮНЕСКО и других представительных организаций Мира разработать положения ПРАВОВОГО СОЮЗА между руководящими политиками и учеными с целью рационального и эффективного решения глобальных проблем Человечества.

В XXI веке выдающиеся ученые мира должны быть введены в политические структуры власти передовых стран на ротационной основе. Наука и ученые не должны быть заложниками политических амбиций невежественных руководителей стран и генералов ВПК. За это боролись Нильс Бор и Андрей Сахаров.

Об этом напоминают академики В.А. Легасов [27] и Е.П. Велихов [28]. С другой стороны, ученые должны отвечать за достоверность информации и отдаленные последствия своих рекомендаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гровс Л.Р. «Теперь об этом можно рассказать», М., Атомиздат, 1964 г.
2. Юнг Р. «Ярче тысячи солнц», М., Атомиздат, 1960 г.
3. Иойрыш А.И., Морохов И.Д., Иванов С.К. «А-бомба», М., изд. «Наука», 1980 г.
4. Круглов А.К. «Как создавалась атомная промышленность в СССР», М., ЦНИИАТОМИНФОРМ, 1994 г.
5. Создание первой советской ядерной бомбы. Под общей ред. В.Н. Михайлова, М., Энергоатомиздат,1995 г.
6. Мальков В.Л. «Манхэттенский проект», М., РАН, изд. »Наука», 1995 г.
7. Трухановский В.Г. «Уинстон Черчилль», М., изд. «Международные отношения», 4-ое изд., 1989 г.
8. Игонин В.В. «Атом в СССР», Саратов, изд. СГУ, 1975 г.
9. Пауль Эренфест и А.Ф. Иоффе. «Научная переписка», Л., изд. АН СССР «Наука», (2-е издание), 1990 г.
10. Курьер советской разведки. Спец. выпуск КГБ СССР. М., 1992 г.
11. Станислав Пестов. «Бомба. Тайные страсти атомной преисподней», С-П., изд. «Шанс», 1995 г.
12. Юрий Модин. «Быть шпионом - дело не легкое», «МК» от 20.07.1995 г.
13. Герман Смирнов. «Как создавалось сионистское государство», «Молодая гвардия», № 3-4, 1992 г.
14. Зенков В. «Сети шпионажа»,. «Молодая гвардия», № 4, 1996 г.
15. Платонов О.А. «Терновый венец России», История масонства, М., изд. «Родник», 1995 г., с. 369.
16. Holloway D. «Stalin and the Bomb», Yale University, 1994 г. см. рецензии Г. Бете, Ю. Харитона и др. в ж. «Природа», № 5, 1995 г.
17. Лариса Васильева. «Кремлевские жены», М., Минск , изд. «Вагриус» и «ВШ», 1993 г., с. 314-350.
18. Смит Г.Д. «Атомная энергия для военных целей». М., Трансжелдориздат, 1946 г.
19. Гудмен Г. «Научные и технические основы ядерной энергетики», М., изд. «ИЛ», т.1, - 1948 г., т.2 - 1950 г.
20. Губарев В. «Челябинск-70», М., ИздАТ, 1993 г.
21. Головин И.Н. «История атомного проекта». Препринт ИАЭ, 1993 г. и РГНЦ «КИ», вып. №1, 1995 г.
22. Доклад член-корр. РАН Б.Л. Иоффе на семинаре по истории ИТЭФ в ИАЭ 28.02.1996 г.
23. Цукерман В.А., Азарх З.М. «Люди и взрывы», изд. Арзамас-16, 1994 г.
24. Интервью генерал-полк. В. Трубникова (СВР) корреспонденту газеты «АиФ», № 23, 1995 г.
25. Уолкер М. «Миф о германской А-бомбе», «Природа», № 2, 1992 г.
26. Болотовский Б.М. «Уголовное дело», «Природа», № 8, 1990 г., с.114.
27. Атомпресса, № 13, апрель 1996 г.
28. Disposal of Weapon Plutonium Approaches and Prospects. Ed. by Mezzant and Walter. NATO. ASI series, v. 4, 1995 г.
29. Легасов В.А. «Из сегодня в завтра», газета «Правда», № 278, 1987 г.
30. Велихов Е.П. «О научной доктрине РФ», Вестник РАН, № 1, 1996 г.

ПЕРЕВОДЫ ДОКЛАДОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

ГЕРМАНСКИЙ УРАНОВЫЙ ПРОЕКТ И ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ КАЙЗЕРА ВИЛЬГЕЛЬМА*

Кант Х.

Ядерная эпоха началась с открытия расщепления урана двумя химиками: Отто Ганом (1879 — 1968) и Фрицем Штрассманом (1902 — 1980) 19 декабря 1938 года в Химическом институте кайзера Вильгельма в Берлине. Результаты эксперимента были опубликованы в журнале «Die Naturwissenschaften» уже в первом номере за 1939 год[1]. Ган сообщил об этих опытах только в письме Лизе Мейтнер, его бывшей коллеге-физику, которая в то время уже полгода находилась в вынужденной эмиграции в Швеции, и просил её дать теоретическое объяснение результатам. Совместно с племянником Отто Робертом Фришем Мейтнер нашла решение уже в дни новогодних праздников 1938/39 гг. Германские физики — даже коллега Гана по институту Зигфрид Флюгге (1912 —1997) и Карл Фридрих фон Вейцзеккер (1912) из Физического института кайзера Вильгельма — узнали об этих результатах только из упомянутой журнальной статьи, которая вышла в свет 6 января 1939 г. В течение нескольких последующих дней они также нашли правильную теоретическую интерпретацию. Очень скоро физикам всего мира стало ясно, что открытая возможность получения атомной энергии означала также и возможность создания атомной бомбы. Сложившаяся в то время политическая ситуация привела к опасениям, что Германия может создать такую бомбу и использовать её против других стран. По иронии судьбы, дата развязывания Второй мировой войны совпала с датой

---

* Перевод Гапоновой И.С.

[1] Hahn, Otto u. Fritz Strassman: bber den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. Die Naturwissenschaften 27 (1939) 1, SS. 11-15.

публикации теории ядерного деления Бора — Уилера[2]. Программы по созданию атомной бомбы в США, Советском Союзе и других странах возникли вследствие такого страха. В своём докладе я хочу обсудить вопрос о том, что в действительности было сделано в Германии по проекту атомной бомбы.

Уже в апреле 1939 года Министерство просвещения (Reichserziehungsministerium) получило информацию о возможности расщепления ядра урана от Георга Йоса (1894 — 1959), в то время — физика-ординатора в Гёттингене, после сообщения на физическом коллоквиуме Вильгельма Ханле (1901 — 1993). В результате коллоквиума был организован так называемый «первый урановый клуб» (Uranverein)[3] под руководством Имперского исследовательского совета (Reichsforschungsrat), деятельность которого по ряду причин не была очень эффективной.

В то же самое время военное министерство было проинформировано, с одной стороны, его консультантом по химическим взрывчатым веществам Паулем Хартеком (1902 — 1985) из Гамбурга, а с другой стороны — инженером-физиком Николаусом Рилем (1901 — 1991), бывшим студентом Гана и Мейтнер, а в то время — главой научно-исследовательского отдела в компании Ауэра («Auer Gesellschaft»). Однако, вначале военные не проявили интереса к этой информации. Все эти ученые никак не были связаны с национал-социалистическим движением, и, видимо, их поступок был вызван в разной степени патриотизмом, национализмом и человеческими или профессиональными амбициями.

В июне 1939 г. Флюгге опубликовал обзорную статью в журнале «Naturwissenschaften» «Возможно ли техническое использование энергии атомного ядра?» и одновременно написал популярный вариант статьи в немецкую газету «Deutsche Allgemeine Zeitung»[4].

Когда началась Вторая мировая война, неожиданно вопросом деления ядра заинтересовалось Управление вооружений сухопутных войск (Heereswaffenamt)[5].

---

[2] Bohr, Niels u. John Wheeler: The mechanism of nuclear fission. Physical Review 56 (1939), pp. 426 — 450. Эта статья вышла 1 сентября 1939 г. Чтобы охарактеризовать сложившуюся в то время политическую ситуацию, мы напомним даты некоторых событий: Конференция в Мюнхене (29.09.1938); так называемая «ночь имперского погрома», «хрустальная ночь» в Германии (9/10.11.1938); вторжение немецких войск в Богемию и Моравию; окончание Гражданской войны в Испании (март 1939), вторжение итальянских войск в Албанию (07.04.1939); воззвание Рузвельта к Гитлеру и Муссолини о прекращении захватнической политики (14.04.1939); германо-итальянский военный договор (22.05.1939); Пакт Гитлера-Сталина (23.08.1939).

[3] Среди других, членами этого клуба были Вальтер Боте, Петер Дебай, Герхард Гоффманн, Ганс Гейгер.

[4] S. Flьgge: Kann der Energieinhalt der Atomkerne technisch nutzbar gemacht werden? Die Naturwissenschaften 27 (1939) 23/24, SS. 402-410.

[5] В действительности Управление вооружений сухопутных войск начало собирать информацию по вопросу деления ядра с письма Хартека и пришло к решению заняться более интенсивно урановой проблемой в августе 1939 г. На своё письмо, посланное 24 апреля, Хартек получил положительный ответ 22 августа 1939 г.

Имперский исследовательский совет был оттеснен и основан так называемый «Второй урановый клуб» под руководством Управления в сентябре 1939 г. В то время Управление вооружений сухопутных войск включало в себя отделы, проводящие исследовательские работы по вооружению в различных областях науки и укомплектованные первоклассными специалистами. Экспертом по атомной физике в Управлении был Курт Дибнер[6] (1905 — 1964), а его помощником стал молодой физик Эрих Багге (1912 — 1996), ученик Вернера Гейзенберга (1901 — 1976). Дибнер организовал первое заседание Второго уранового клуба в Берлине 16 сентября 1939 г. Среди его участников были Вальтер Боте (1891 — 1957), Флюгге, Ганс Гейгер (1887 — 1945), Ган и другие. Второе, более важное, заседание состоялось спустя десять дней в Управлении вооружений. Одним из участников этого заседания был Гейзенберг, в то время — ординатор теоретической физики в Лейпцигском университете. Был выработан детальный план проекта с двумя основными пунктами: *создание уранового реактора* и *получение U-235 путем разделения изотопов для создания бомбы*. Гейзенбергу было поручено разработать теоретические основы уранового реактора. В дальнейшем было решено подчинить Физический институт кайзера Вильгельма в Берлине военному министерству с тем, чтобы превратить его в центр военных урановых исследований, в то время как несколько децентрализованных групп, в особенности в университетских институтах, должны были иметь дело с отдельными специальными задачами проекта.

В октябре 1939 г. Управление вооружений сообщило генеральному секретарю Общества кайзера Вильгельма, что мобилизует Физический институт для военных работ. Физический институт кайзера Вильгельма был создан в 1917 г. с Альбертом Эйнштейном (1879 — 1955) в качестве директора, через несколько лет Макс фон Лауэ (1879 — 1960) стал его вице-директором. Этот институт в то время был очень своеобразным учреждением без штатов, лабораторий и служб[7]. С конца двадцатых годов обсуждался вопрос о создании нового физического института. Эти планы были прерваны в 1933 году, когда к власти пришли немецкие национал-социалисты, но в период с 1935 по 1937 годы новый Физический институт кайзера Вильгельма все же был построен в Берлине-Далеме благодаря финансовой поддержке Фонда Рокфеллера, теперь уже со штатом, лабораториями и новой исследовательской программой. Голландский физик, лауреат нобелевской премии, Петер Дебай (1884 — 1966), бывший до этого ординатором экспериментальной физики в Лейпцигском университете, стал его директором. Но теперь, в октябре 1939 г., меньше, чем через два месяца после начала войны, Дебай был поставлен перед выбором: либо, оста-

---

6 Дибнер был учеником Герхарда Гоффманна (1880 — 1945), физика-экспериментатора в Галле (1928-1937) и Лейпциге (1937-1945), который также участвовал в урановом проекте (циклотрон). Гейзенберг был невысокого мнения о компетентности Дибнера как ученого.

7 H.Kant: Albert Einstein, Max von Laue, Peter Debye und das Kaiser-Wilhelm-Institut fьr Physik in Berlin. In: Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute; Studien zu Ihrter Geschichte: Das Harnack-Prinzip. Edited by B. v. Brocke and H. Laitko; W. De Gruyter Berlin / New York 1996, SS. 227-243.

вив пост директора, покинуть институт, либо сменить голландское гражданство на германское. Дебай пошел на компромисс с Министерством просвещения и покинул Германию, уехав читать курс лекций по приглашению в Корнелльский университет в США[8]. Теперь главой администрации Физического института стал Дибнер. Реально к исследованию ядерного деления была привлечена только часть института[9]. Гейзенберг стал научным советником института, но оставался в Лейпциге на старом положении. Дибнер не очень признавался большинством «гражданских» физиков, поэтому Физический институт кайзера Вильгельма стал центром только формально, в действительности же он был не более, чем одной из групп уранового проекта (приложение 1). Среди бывших ассистентов Дебая, привлеченных к урановому проекту в Физическом институте, были Хорст Коршинг (1912), Карл Фридрих фон Вейцзеккер и Карл Виртц (1910 — 1994); вскоре к этой группе присоединились Фриц Бопп (1909 — 1987), Пауль Мюллер и Карл-Хайнц Хёккер (1915).

В германском урановом проекте за все время участвовало немногим больше семидесяти исследователей, которые были сконцентрированы в разных группах в нескольких университетах и институтах кайзера Вильгельма. Следует отметить, что большинство ведущих ученых этого проекта не определяло строго его содержания, не последней причиной этого было то, что они пытались использовать проект для спасения молодых ученых от военной службы на фронте[10].

Первым существенным результатом явился закрытый отчет Гейзенберга «Возможность технического получения энергии путем расщепления урана» (приложение 2), датированный уже 6 декабря 1939 г. В нем Гейзенберг разработал теорию получения энергии, используя деление ядра (на основе теории Бора — Уилера). Его выводы содержали важное утверждение: «Процесс деления ядра урана ... может быть использован ... для получения энергии в огромном количестве. ... Обогащение ураном-235 дает нам единственную возможность, позволяющую уменьшить объем реактора ... Более того, это дает уникальный метод производить взрывчатое вещество, превосходящее по своей мощности самые сильные современные средства на несколько порядков

---

[8] Интересно отметить, что таким образом Дебай формально оставался директором Физического института кайзера Вильгельма и профессором в Берлинском университете — официально он находился в отпуске почти до конца войны (не в эмиграции). Но после войны он в Германию не вернулся. См. H. Kant: Peter Debye und die Deutsche Physikalische Gesellschaft. In: The Emergence of Modern Physics. Ed. by D. Hoffmann, F. Bavilacqua, R.H. Stuewer; Universita degli Studi di Pavia 1996, pp. 505 — 520.

[9] Отделы Макса фон Лауэ и Германа Шюлера оставались в той части института, которая впоследствии находилась в подчинении Общества кайзера Вильгельма. Людвиг Бевилогуа (L. Bewilogua), специалист в области физики низких температур, в то время — ассистент Дебая, также оставался в этой части института и стал ее административным руководителем.

[10] Довольно хорошее представление о научной работе, выполненной за это время, дает перечень закрытых публикаций Вернера Тауториуса (то есть, Эриха Багге): Die deutschen Geheimarbeiten zur Kernenergieverwertung wдhrend des zweiten Weltkrieges 1939 — 1945. Atomkernenergie 1 (1956) SS. 368 — 370, 423 — 425.

величины.»[11] Теоретическая группа уранового проекта в Физическом институте кайзера Вильгельма в Берлине формально находилась под руководством К.Ф. фон Вейцзеккера, но реальным авторитетом был Гейзенберг, уважаемый всеми учитель последнего. В то время как Гейзенберг разрабатывал теорию цепных реакций, фон Вейцзеккер и его группа занимались созданием уранового реактора (приложение 3). В феврале 1940 г. фон Вейцзеккер, совместно с Мюллером и Хёккером, представил свой первый закрытый отчет «Расчет энергии, вырабатываемой урановым реактором»[12]. В своей статье «Возможность получения энергии из U-238», выпущенной в июле 1940 г., он анализировал возможность процесса, называемого теперь плутониевым[13].

В своем первом сообщении Гейзенберг рассматривал тяжелую воду и углерод как возможные замедлители в урановом котле. Исходя из неверно интерпретированного Боте эксперимента по поглощению нейтронов[14] и из расчетов Гейзенберга, сделавшего вывод, что углеродо-урановый котел потребовал бы намного больше материала, чем тяжеловодный, немецкие ученые сконцентрировали свои усилия на создании реактора на тяжелой воде. В августе 1940 г. Роберт Дёппель (1895 — 1982) из лейпцигской группы Гейзенберга экспериментально показал, что тяжелая вода — превосходный замедлитель, а это означало, что реактор на природном уране и тяжелой воде должен работать[15].

Когда Гейзенберг и фон Вейцзеккер решили фундаментальные теоретические проблемы процесса ядерного деления и уранового реактора в 1940 г., они оба быстро потеряли интерес к этой задаче и предоставили её дальнейшее детальное изучение главным образом своим коллегам, таким, как Хёккер, Мюллер и Виртц в Берлине и Дёппель в Лейпциге. Гейзенберг опять занялся вопросами физики элементарных частиц (в 1943 г. он опубликовал книгу о космическом излучении), а фон Вейцзеккер продолжил работу по космологии.

В урановой программе 1941 — 42 годов преобладали модельные эксперименты, относящиеся к урановому реактору. Но экспериментальная программа продвигалась медленно, поскольку в распоряжении исследователей имелось

---

[11] W. Heisenberg Die Mцglichkeit der technischen Energiegewinnung aus der Uranspaltung. In: Werner Heisenberg. Gesammelte Werke / Collected Works Part AII. Ed. by W. Blum, H.-P. Dьrr, H. Rechenberg. Springer, Berlin/Heidelberg/New York 1989, SS. 378 — 396 (здесь — стр. 396).

[12] Carl-Friedrich von Weizsдcker, Paul Mьller, Karl-Heinz Hцcker: Berechnung der Energieerzeugung in der Uranmaschine. G-60; неопубликованный отчет (26 февраля 1940 г.).

[13] C.F.v. Weizsдcker: Eine Mцglichkeit der Energiegewinnung aus U 238. G-59; неопубликованный отчет (17 июля 1940 г.)— Независимо от американских исследователей, Курт Штарке открыл 93 элемент в Химическом институте кайзера Вильгельма в 1941 г.; из-за отсутствия мощного источника нейтронов немецкие ученые не получили 94 элемент.

[14] L.Koester: Zum unvollendeten ersten deutschen Kernreaktor 1942/1944. Naturwissenschaften 67 (1980) S.573-575.

[15] О Роберте Дёппеле см. серию статей в: Beitrдge zur Geschichte von Technik und technischer Bildung, Folge 13, ed. by L. Hiersemann. Hochschule fьr Technik, Wirtschaft und Kultur, Leipzig, 1995.

слишком маленькое количество урана и тяжелой воды. В Физическом институте кайзера Вильгельма Карл Виртц с сотрудниками разрабатывали схему плоскослойного расположения урана и тяжелой воды, в то время как Дёппель в Лейпциге, основываясь на идее Гейзенберга, использовал сферические слои[16]. Осенью 1941 г. результаты лейпцигских экспериментов были вполне обнадёживающими. В мае 1942 г., за месяц до того, как чикагская группа Энрико Ферми (1901 — 1954) добилась положительных результатов, лейпцигская команда зарегистрировала экспериментально превышение числа рождающихся нейтронов над количеством поглощенных[17]. Это означает, что научные достижения германской программы весной 1942 г. были примерно на том же уровне, что и у американских и британских ученых.

В то время вопрос о дальнейшем развитии немецкой программы был более менее решен. В конце февраля 1942 г. в Берлине в Физическом институте кайзера Вильгельма состоялось трехдневная конференция по урановому проекту и, более того, в последний день заседаний , 26 февраля, для ограниченного круга слушателей была прочитана серия популярных лекций, продемонстрировавших потенциальные возможности применения ядерной энергии (приложение 4). Лекции были организованы совместно Управлением вооружений сухопутных войск и Имперским исследовательским советом. Кроме всего прочего, вся программа конференции показывала, что германский проект в основном делился на три части: получение урана и тяжелой воды, разделение изотопов урана и урановый реактор. Не углубляясь в детали, мы можем подвести итоги следующим образом: все аспекты исследований, за исключением разделения изотопов, продвигались успешно.

В то время как конференция, естественно, была посвящена главным образом сугубо научным вопросам, из последующего заседания очевидно, что все участвующие ученые, несомненно, полностью сознавали военную значимость этих исследований, то есть знали, что основной целью военных интересов была атомная бомба. Я подчеркиваю это, потому что после войны многие немецкие ядерщики (в том числе, Гейзенберг и фон Вейцзеккер) высказывали точку зрения, что немецкие ученые не создали атомную бомбу, потому что не хотели этого делать. Конечно, по разным причинам кто-то хотел этого больше, кто-то меньше, но как отметил позднее Виртц, «с самого начала немецкие ученые также нисколько не сомневались в том, что атомная бомба является конечной целью этих исследований»[18]. В этом плане ученые рассматривали февральскую конференцию как возможность получить для своих работ финансовую и материальную поддержку от промышленности и армии.

---

[16] Важным свойством лейпцигского реактора было то, что он требовал меньше материала, чем берлинский.

[17] R. Dupel, K. Dupel, W. Heisenberg: Der experimentelle Nachweis der effektiven Neutronenvermehrung in einem Kugel-Schichten-System aus D_2O und Uran-Metall. G-136; неопубликованный отчет (июль 1942). (См.: Werner Heisenberg, Gesammelte Werke / Collected Works Part AII...; процитировано выше).

[18] K. Wirtz: Im Umkreis der Physik. Kernforschunsgzentrum Karlsruhe, 1988, S.38.

Действительно, эти заключительные доклады имели довольно своеобразный результат. С одной стороны, стало ясно, что вполне реально создание как реактора, производящего энергию, так и атомной бомбы, но практически получение ядерной энергии как для военных, так и для других целей не будет достижимо в течение года или близкого к этому периоду времени. Учитывая военное и экономическое положение Германии того времени, военные деятели, курировавшие проект, пришли к выводу, что Германия не успеет создать атомную бомбу за время этой войны, и сложили с себя финансовые обязательства. Но с другой стороны, стало ясно, что в будущем ядерная энергия может стать важнейшим фактором (в военных и в мирных задачах), поэтому были предоставлены новые финансовые субсидии (в том числе и специальная поддержка от военных). Летом 1942 г. урановый проект перешел снова под начало Имперского исследовательского совета, который намеревался целиком взять под контроль работы по ядерной энергии, как это делала прежде армия. С 1 июля 1942 г. Физический институт был возвращен Обществу кайзера Вильгельма[19]. Поскольку в обозримое время не приходилось ожидать возвращения Дебая, необходимо было назначить нового директора. После некоторых закулисных споров[20] был назван Гейзенберг. Он покинул Лейпциг и приступил к своим новым обязанностям в Физическом институте кайзера Вильгельма и в Берлинском университете[21]. Из уважения к Дебаю Гейзенберг именовался не директором института, а «директором в институте».

Во время пребывания в Берлине основной задачей Гейзенберга было осуществление решающего эксперимента по самоподдерживающейся цепной реакции ядерного деления для получения энергии в реакторе. В течение 1944 г. в Берлине было осуществлено пять крупных экспериментов с разными конфигурациями слоев. Но недостаток материалов создавал много трудностей. В ноябре — декабре 1944 г. был выполнен последний берлинский эксперимент, так называемый B-VII, который дал существенно больший, по сравнению с предыдущими опытами, выход нейтронов.

В связи с положением на военном фронте, уже в 1943 г. началась эвакуация важнейших институтов из Берлина, в том числе и институтов Общества кайзера Вильгельма. Физический институт решили эвакуировать в Эхинген (Hechingen), маленькое местечко в Южной Германии. Выполнение некоторых экспериментов ещё продолжалось в Берлине, а в Эхингене уже шла подготовка к испытанию нового уранового котла. Впервые группа Гейзенберга использовала решёточную конструкцию, которая ранее была предложена Дибнером. Этот эксперимент, обозначенный как B-VIII, оказался последним в Германии.

---

[19] В марте 1943 г. группа Дибнера в Готтове также вышла из-под подчинения Управлению вооружений сухопутных войск и перешла в распоряжение Имперского физико-технического института (Physikalisch-Technische Reichsanstalt).

[20] Некоторые предпочитали Боте — см. D. Hoffmann, H. Kant, H. Laitko: Walther Bothe — Wissenschaftler in vier Reichen. Preprint Nr. 26/95, S.10 (Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftstheorie, Berlin).

[21] С другой стороны, фон Вейцзеккер был назначен в Страсбург, но сохранял тесную связь с берлинской группой Физического института кайзера Вильгельма.

Он был проведен в феврале сорок пятого в скальной пещере вблизи от деревни Хайгерлох. Немецкие ядерщики подошли очень близко к получению самоподдерживающейся цепной реакции, но несколько недель спустя неожиданно и окончательно немецкий ядерный проект прекратил своё существование. Союзные войска вошли в Германию, и в середине апреля американская Миссия АЛСОС захватила в Эхингене ведущих немецких ядерщиков, среди них — Багге, Дибнера, Гейзенберга, фон Вейцзеккера и Виртца.

В этом докладе я не собираюсь давать оценку немецкому урановому проекту, моей целью было только перечислить основные этапы и ясно показать, вопреки прежним утверждениям ряда германских ученых, что этот проект был широкомасштабной программой, конечной целью которой было создание атомной бомбы.

Более того, вопреки ранним заявлениям Миссии АЛСОС, немецкие ученые очень хорошо понимали возможности и механизм этого процесса. Наконец, германская программа почти не изменялась после лета 1942 г. В то время как, например, цели американской программы были смещены в сторону создания реальной атомной бомбы, германская сторона этого не сделала.

Вопрос о том, понимали ли германские ученые механизм атомной бомбы, вызвал новую дискуссию после издания протоколов Фарм-Холла[22]. Одним из поводов для дискуссии является величина критической массы, которую Гейзенберг в Фарм-Холле указал слишком высокой. Но я думаю, что это не имело значения, поскольку в то время немцы уже были далеки от бомбы и поэтому, конечно, они не имели новейших данных по этому вопросу (но принципиально они были способны разработать бомбу в кратчайшее время).

То, что усилия для достижения военных целей не были увеличены, а наоборот, даже уменьшились в 1942 г., не было заслугой немецких ученых. Это не имело ничего общего ни с моральными соображениями или с чем-то еще в этом роде, ни с недостаточными научными знаниями, но было связано только с военным и экономическим положением Германии и ее стратегическими задачами в то время. Действительно, как мы видим сегодня, германским ядерщикам просто повезло в том, что им не пришлось, в конце концов, принимать решение о создании атомной бомбы[23].

---

[22] J. Logan: The Critical Mass. American Scientist, May — June 1996, pp. 263 — 277.

[23] Литература, которая была использована в работе, но не цитировалась конкретно:

— D. Hoffmann: Operation Epsilon; Die Farm-Hall-Protokolle oder Die Angst der Alliierten vor der deutschen Atombombe. Rowohlt, Berlin, 1993.

— H. Kant: Carl Friedrich von Weizsдcker als Physiker in Berlin (1936-1942). In: Erfahrung des Denkens — Wahrnehmung des Ganzen; Carl Friedrich von Weizsдcker als Physiker und Philosoph. Hrsg. von P.Ackerman, W.Eisenberg etc.; Akademie-Verlag, Berlin, 1989, SS. 202-210.

— H. Kant: Heisenberg und das Kaiser-Wilhelm-Institut fьr Physik in Berlin. In: Werner Heisenberg — Physiker und Philosoph. Hrsg. von B.Geyer, H.Herwig u. H.Rechenberg; Spectrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford 1993, SS. 152-158.

— Th. Powers: Heisenbergÿs War. The Secret History of the German Bomb. New York, 1993.

— M. Walker: German National Socialism and the Quest for Nuclear Power. Cambridge University Press, 1989.

Приложение 1

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ГРУППЫ ГЕРМАНСКОГО УРАНОВОГО ПРОЕКТА (1940–42)

(Количество сотрудников указано приблизительно, на основании данных Уолкера)

Вальтер Боте (Институт медицинских исследований кайзера Вильгельма. Гейдельберг. Физическое отделение) — измерение ядерных констант (6 физиков).

Клаус Клузиус (Мюнхенский университет) — разделение изотопов и производство тяжелой воды (4 специалиста по физической химии и физике)

Курт Дибнер (Управление вооружений сухопутных войск. Лаборатория в Готтове под Берлином) — измерение ядерных констант (6 физиков).

Отто Ган (Химический институт кайзера Вильгельма) — трансурановые элементы, продукты деления, разделение изотопов, измерение ядерных констант (6 химиков и физиков).

Пауль Хартек (Гамбургский университет) — производство тяжелой воды и разделение изотопов (5 физико-химиков, физиков и химиков).

Вернер Гейзенберг (Лейпцигский университет, консультант в Физическом институте кайзера Вильгельма в Берлине) — урановый реактор, разделение изотопов, измерение ядерных констант (7 физиков и физико-химиков).

Ганс Копферманн (Университет в Киле, позднее — Геттингенский университет) — разделение изотопов (2 физика).

Николаус Риль (Ораниенбург под Берлином; «Ауэр гезельшафт») — производство урана (3 исследователя).

Георг Штеттер (Венский университет) — измерение ядерных констант и трансурановые элементы (6 физиков и физико-химиков).

Приложение 2

ИЗБРАННЫЕ СЕКРЕТНЫЕ ОТЧЕТЫ ПО ГЕРМАНСКОМУ УРАНОВОМУ ПРОЕКТУ ГЕЙЗЕНБЕРГА И ЛЕЙПЦИГСКОЙ ГРУППЫ

В. Гейзенберг: Возможность технического получения энергии при расщеплении урана. Часть 1: 6.12.1939, Часть 2: 29.02.1940

Р. Дёппель, К. Дёппель, В. Гейзенберг: Определение длины диффузии тепловых нейтронов в тяжелой воде. 7.08.1940

Р. Дёппель, К. Дёппель, В. Гейзенберг: Определение длины диффузии тепловых нейтронов в препарате 38[24]. 5.12.1940

Р. Дёппель, К. Дёппель, В. Гейзенберг: Эксперимент с послойным расположением D_2O и препарата 38. 28.10.1941

Р. Дёппель, К. Дёппель, В. Гейзенберг: Увеличение количества нейтронов в слоевой системе D_2O — металл 38[25]. 26/28.02.1942

Р. Дёппель, К. Дёппель, В. Гейзенберг: Экспериментальное определение эффективного возрастания количества нейтронов в системе со сферическими слоями из D_2O и металлического урана. Июль 1942

Р. Дёппель: Сообщение о двух авариях при обращении с металлическим ураном. Июль 1942

---

[24] Препаратом 38 была зашифрована окись урана U_3O_8. *(Прим. ред.)*.

[25] Металлом 38 в секретных отчетах обозначали металлический уран. *(Прим. ред.)*.

Приложение 3

ИЗБРАННЫЕ СЕКРЕТНЫЕ ОТЧЕТЫ ФОН ВЕЙЦЗЕККЕРА И ГРУППЫ В ФИЗИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ КАЙЗЕРА ВИЛЬГЕЛЬМА ПО ГЕРМАНСКОМУ УРАНОВОМУ ПРОЕКТУ

К.Ф. фон Вейцзеккер, П.О. Мюллер, К.Х. Хёккер: Расчет энергии, производимой урановой «машиной»[26]. 1940

К.Ф. фон Вейцзеккер: Получение энергии в процессе расщепления урана быстрыми нейтронами. 1940

К.Ф. фон Вейцзеккер: Возможность получения энергии из U-238. 1940

К.Ф. фон Вейцзеккер: О температурном эффекте «машины» с послойной конфигурацией. 1941

К.Ф. фон Вейцзеккер: Усовершенствованная теория резонансного поглощения в «машине». 1942

Ф. Бопп, Е. Фишер, В. Гейзенберг, К.Ф. фон Вейцзеккер, К. Виртц: Испытания с новыми слоевыми конструкциями из металлического урана и парафина. 1942

В. Гейзенберг, Ф. Бопп, Е. Фишер, К.Ф. фон Вейцзеккер, К. Виртц: Измерения на установке с послойной конфигурацией из металла-38 и парафина. 1942

---

[26] Термин «машина» заменял современный термин «реактор».

Приложение 4

СООБЩЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ НА ВТОРОМ НАУЧНОМ СОВЕЩАНИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ (ИМПЕРСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ – УПРАВЛЕНИЕ ВООРУЖЕНИЙ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК), СОСТОЯВШЕМСЯ В 11 ЧАСОВ 26 ФЕВРАЛЯ 1942 Г. В ДОМЕ НЕМЕЦКОЙ НАУКИ

(Берлин-Штиглиц, Грюневальдштрассе 35)

1. Ядерная физика как оружие. Проф. д-р Шуман.
2. Расщепление урановых ядер. Проф. д-р О.Ган.
3. Теоретические основы получения энергии путем расщепления урана. Проф. д-р Гейзенберг.
4. Результаты исследованных к настоящему времени установок для получения энергии Проф. д-р В. Боте.
5. Необходимость общих фундаментальных исследований. Проф. д-р Г. Гейгер.
6. Изотопное обогащение урана. Проф. д-р К. Клузиус.
7. Производство тяжелой воды. Проф. д-р П. Хартек.

О расширении трудового объединения «ядерная физика» путем вовлечения других имперских ведомств и промышленности. Проф. д-р Эзау.

ЧЕХОСЛОВАЦКИЙ УРАН И СОВЕТСКАЯ А-БОМБА*

Яноух Ф.

Я давно обещал организаторам этой конференции подготовить сообщение именно под таким заголовком. Когда я начал работу над материалом, я понял, что мой доклад скорее ставит вопросы, чем отвечает на них. Если вообще может быть дан ответ на наиболее существенный вопрос, относящийся к теме, — возможно ли было бы создание первой советской атомной бомбы уже в 1949 году без доступа к чехословацкому урану, — то только советскими учеными и политиками и только после глубокого изучения советских архивов.

Тем не менее я решил поделиться с вами теми небольшими сведениями, которые я открыл во время своих поисков в литературе и архивах, а также некоторыми своими собственными воспоминаниями.

ЧЕХОСЛОВАЦКИЙ УРАН

Проблема чехословацких урановых руд была одной из болезненных тем в истории послевоенной Чехословакии, болезненной еще и потому, что в течение десятилетий она была окружена секретностью, легендами и слухами.

Прежде всего позвольте вам напомнить, что рудники в Яхимове (Йоахимстале) были, вероятно, единственными в Европе урановыми рудниками, открытыми и разрабатываемыми уже в конце прошлого столетия. Почти в каждом учебнике по физике атомного ядра можно прочитать, что радий был впервые выделен Марией Кюри-Складовской и Пьером Кюри из яхимовских руд. Таким образом, яхимовские рудники и урановые руды (урановая смолка) были известны с самого начала новой эпохи, отмеченной открытием радиоактивности.

В действительности урановые руды были побочными продуктами, оставшимися при добыче других редких металлов: серебра, никеля, кобальта, висмута и т.д. В 20 — 30 — 40 годы их использовали для получения радия с медицинскими целями.

---

* Перевод Гапоновой И.С.

СОВЕТЫ ПРОЯВЛЯЮТ ИНТЕРЕС К ЧЕХОСЛОВАЦКОМУ УРАНУ

Сразу после окончания Второй мировой войны рудники были заняты специальным подразделением Красной Армии. Безо всяких законных оснований Советы стали осуществлять контроль за рудниками и ограничили доступ к ним даже для людей, которые там работали.

Как сообщало в Министерство обороны Чехословакии местное чехословацкое военное ведомство в Карловых Варах, уже в августе генерал Михайлов и группа советских специалистов посетили рудники.

Когда местные чехословацкие власти запросили указаний, что делать с этими визитами, они получили очень ясный ответ от самых высших кругов. Инструкции премьер-министра Чехословакии Зденека Фирлингера были четкими: НИЧЕГО НЕ ДЕЛАТЬ!

2-го октября 1945 г. тот же вопрос был направлен в канцелярию премьер-министра Министерством иностранных дел Чехословакии. Ответ был прежний.

Причиной было то, что уже в августе 1945 г. Советы провели первые встречи по вопросу о чехословацком уране на высшем правительственном уровне. Они проводились непосредственно премьер-министром Фирлингером при полном одобрении Президента Бенеша.

ЧЕХОСЛОВАЦКО-СОВЕТСКОЕ УРАНОВОЕ «СОГЛАШЕНИЕ»

17 сентября 1945 г. премьер-министр передал советскому послу Зорину точку зрения Чехословакии: урановые руды являются эксклюзивной собственностью Чехословацкой республики. Правительство Чехословацкой республики было готово заключить соглашение о предоставлении некоторого количества урана Советскому Союзу. Однако, рудники должны полностью находиться под юрисдикцией Чехословакии.

Очевидно, такой ответ не устраивал Советы. 26 сентября 1945 г. советский представитель Бакулин на встрече с премьер-министром Фирлингером и тремя другими чехословацкими министрами (внутренних дел, обороны и промышленности) представил другое предложение: образовать совместное советско-чешское урановое предприятие. Это, должно быть, звучало как насмешка, но Советский Союз был готов «предоставить» этому совместному предприятию капитал, инвестированный немцами в рудники за время войны.

Советские представители далее потребовали, чтобы вся урановая продукция вывозилась в Советский Союз. Однако, они были готовы согласиться делить выработанный радий пополам между двумя сторонами.

Предложение о совместном предприятии было твердо отклонено чехословацкой стороной. Представитель Чехословакии аргументировал это тем, что Чехословакия собирается национализировать свою промышленность без какого-либо участия иностранного капитала и образование новой компании с советским капиталовложением было бы политически неприемлемым.

Между тем переговоры с Бакулиным показали чехословацким министрам особое значение, которое Советы придавали урану.

Как свидетельствуют чехословацкие протоколы переговоров, советский полковник Александров сказал: «...Советский Союз намеревается ликвидировать монополию Соединенных Штатов на ядерное оружие. Он нуждается в стратегических запасах урана... уран сегодня является наиболее важным стратегическим материалом... СССР собирается произвести из советского и чехословацкого урана такую же бомбу, какую сделали в США...»

Советские представители оценивали запасы урановых руд в Яхимове в 1000 т (сравним с запасами в 2700 т в Бельгийском Конго и в 6 — 7000 т в Канаде). Как мы увидим позднее, эта величина была значительно недооценена.

6 октября 1945 г. Бакулин предъявил премьер-министру Фирлингеру новое и очень категорическое требование: рудники должны находиться под юрисдикцией Советского Союза, геологические изыскания в Чехословакии должны проводиться советскими экспертами, и вся урановая продукция должна быть отправлена в Советский Союз.

Даже в Москве было оказано давление на высоком уровне. 18 октября 1945 г. советский министр иностранных дел Вячеслав Молотов вызвал к себе чешского дипломата Хниздо и заявил ему, что « Советы заинтересованы главным образом в урановых рудах, которые имеют важное значение для их военной промышленности».

После двухнедельных интенсивных переговоров Молотов согласился на чехословацкий вариант: рудники должны оставаться собственностью Чехословакии, но их разработка должна проводиться в тесном сотрудничестве с советскими авторитетными представителями.

Второе категорическое требование Советов заключалась в том, чтобы вся урановая продукция целиком передавалась в СССР. Первоначально президент Бенеш настаивал, чтобы половина ее оставалась в Чехословакии. Позднее он был вынужден пойти на уступки даже в этом пункте.

Такая позиция Советов, по-видимому, показывает, что в эти решающие годы советский проект атомной бомбы ощущал недостаток в уране.

21 ноября 1945 г. Москва приняла чехословацкое предложение с условием, что в первые пять лет в Чехословакии будет оставаться не более 10% добытой урановой руды. Я не уверен, что это условие выполнялось. Я помню только, что единственная лаборатория в Чехословакии, проводившая ядерные исследования, в конце сороковых годов преодолевала невероятные трудности, чтобы получить несколько килограммов урановой руды для чисто научных работ.

Советско-чехословацкое урановое соглашение было принято на закрытом заседании чехословацкого правительства 21 ноября 1945 г. Полный текст соглашения даже не был представлен правительству. (Рис.1).

В тот же самый день советские представители Бакулин и Александров поспешили в место пребывания правительства в Праге и подписали протокол.

Все эти переговоры были настолько засекречены, что практически никто в Чехословакии не знал об этом соглашении.

Только в такой ситуации могло произойти так, что буквально через несколько дней, 25 ноября 1945 г., состоялось заседание Государственной плановой комиссии Чехословакии, на котором обсуждались возможности использования урана для производства энергии и принято решение начать предварительные работы по получению металлического урана, подготовить образованных специалистов в этой области и выйти на мировой уровень развития в области ядерной энергии. Протоколы этого заседания были найдены в архивах, и я был и удивлен, и горд тем чувством перспективы, которое проявили, по крайней мере некоторые, чехословацкие специалисты.

Чехословацко-советское урановое соглашение было настолько засекречено, что даже министр иностранных дел Чехословакии Ян Масарик не был о нем проинформирован. Следствием этого и был дипломатический *faux pas* на конференции ООН 16 января 1946 г. в Лондоне, где Масарик сделал следующее заявление: «Я обращаюсь к Вам со специальным сообщением по этой проблеме, поскольку наши рудники в Яхимове были среди первых месторождений, поставлявших человечеству радий для медицинских целей... Позвольте мне здесь со всей почтительностью, но в то же время и с глубокой убежденностью выразить надежду, которую, без сомнения, вы все разделяете, что даже самый маленький кусочек урана, добытого в Чехословакии, никогда не будет использован для крупномасштабного разрушения. Мы, жители Чехословакии, хотим, чтобы наш радий служил другим целям: повышать жизненный уровень для более активной и более безопасной жизни. Для этой цели мы хотим использовать наши радиевые месторождения, и мы просим Вас помочь нам в этом.»

Легко себе представить, что речь чехословацкого министра иностранных дел вызвала, мягко выражаясь, некоторое напряжение в советско-чехословацких взаимоотношениях. Однако Советы не стали раздувать это событие по легко понятным причинам — предполагалось, что весь проект должен быть сверхсекретным.

В соответствии с Соглашением, чехословацкая урановая промышленность контролировалась четырьмя членами комиссии — по два представителя с каждой стороны.

Все, связанное с урановыми разработками, классифицировалось как максимально секретное, и с чехословацкой стороны находилось под непосредственным наблюдением премьер-министра Клемента Готвальда, который сохранял эту функцию даже после того, как стал президентом республики в 1948 г. (рис.2).

После того, как в 1948 г. к власти пришли коммунисты, практически все ведущие посты в чехословацкой урановой промышленности были заняты советскими экспертами и советниками: они осуществляли полный контроль над всем урановым производством. В Чехословакию присылали все больше и больше специалистов.

Трудно оценить полное количество советских экспертов в этой области — но, например, в 1955 г. их было 724 человека. Такая ситуация продолжалась до 1956 г., когда Советы внезапно отозвали всех своих экспертов из урановых предприятий.

Из-за недостатка времени я не смогу описать все повороты и этапы развития добычи и вывоза чехословацкого урана в СССР.

УРАНОВЫЕ ЗАПАСЫ В ЧЕХОСЛОВАКИИ

Интенсивные геологические изыскания, проведенные на территории всей страны, открыли новые богатые месторождения урановых руд. Это можно проиллюстрировать несколькими примерами. Если в 1946 г. известные резервы урановых руд на Яхимовских рудниках составляли 100 т (в пересчете на металлический уран), то в 1950 г. они оценивались уже в 800 т.

В 1964 г. ресурсы открытых к тому времени на территории Чехословакии месторождений составляли для C1 9092 т и для C2 — 7830 т. Но даже эти цифры не были последним словом.

В табл. 1 представлены некоторые данные, касающиеся разработок урановых руд в период времени между 1949 и 1953 гг. (Все величины — в тоннах металлического урана.)

Таблица 1.

Год	Первоначальный план	Увеличенный план	Количество добытого урана
1949	120	126	281,3
1950	220	235	281
1951	360	432	527
1952	750	750	816
1953		1200	1200

Рис.2, представляющий собой копию сверхсекретных сообщений президенту Готвальду об урановых разработках, дает также некоторую информацию о производстве металлического урана в 1950 и 1951 годах. Мы видим, что уже в начале пятидесятых годов добыча урановой руды, в пересчете на металлический уран, превышала 500 т/год. Из сравнения данных рисунка 2 с величинами, представленными в табл. 1 (с планами на 1953 год, которые были действительно выполнены), разумно предположить, что Чехословакия выпускала до 1000 т металлического урана ежегодно — по крайней мере, до начала шестидесятых, до того, как богатейшие залежи были истощены и добыча урана начала падать. Этот вывод не противоречит информации, опубликованной в [2] и представленной в табл. 2.

Таблица 2.

Производство урана (в тоннах металлического урана)

Год	СССР	Восточная Европа
1946	50	60
1947	129	210
1948	182	452
1949	278	989
1950	417	1640

ПРОБЛЕМЫ ЧЕХОСЛОВАЦКОЙ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Создание урановой промышленности в Чехословакии не обошлось без проблем. Постоянное давление Советов, направленное на увеличение производства, создавало финансовые трудности для чехословацкого правительства, особенно в критические послевоенные годы.

Инвестиции, требовавшиеся для открытия новых шахт, были аномальными. Они были настолько высокими, что Чехословакия просто не могла их себе позволить в сложившейся в то время экономической ситуации. Эта проблема «решалась» советскими «займами», долги по которым надо было возвращать урановой продукцией.

В результате постоянного давления Советов планы по добыче урана все росли и росли. Уже в 1948 г. Советы поставили максимальной целью добычу 2000 т урановой руды ежегодно, для чего требовалось вложить в производство 8,5 миллиардов чешских крон и нанять более 60000 рабочих. Доходы от урановой промышленности постоянно находились под вопросом, поскольку цена, по которой СССР платил за уран, была достаточно низкой.

Но самой большой проблемой было: как и где взять 60000 рабочих, необходимых для добычи урана и для обслуживания других отраслей уранового комплекса. В первые годы после войны Советы «решали» эту проблему, используя на урановых рудниках труд немецких военнопленных. Однако, в соответствии с международным соглашением, все пленные немцы, захваченные в годы Второй мировой войны, должны были быть освобождены и выехать из Чехословакии в 1949 г.[1]

Проблемы с рабочей силой были решены очень характерным для коммунистов путем: основным источником рабочей силы для урановых рудников стали политические осужденные, содержащиеся в лагерях принудительного труда (TNP).

В 1950-51 годах, когда сокращение добычи стало угрожать увеличению советских ядерных сил, министр юстиции Чехословакии выпустил специальную инструкцию с указанием прокурорам и судьям ускорить судебные процедуры против классовых врагов и увеличить количество осужденных; в результате в 1953 г. органы правосудия приговорили к отправке на урановые рудники 5500 заключенных, чтобы поддерживать экспорт урана на «согласованном» уровне (см. рис. 3).

В концентрационных лагерях условия содержания заключенных, занятых на урановых разработках, были ужасными. Но еще хуже были условия работы и безопасности труда на рудниках. Они могут быть проиллюстрированы цифрами в табл. 3.

---

[1] Следует напомнить, что Красная Армия покинула Чехословакию уже в декабре 1945 г. и трудно объяснить, почему немецкие военнопленные, захваченные Советской Армией, должны были оставаться в Чехословакии.

Таблица 3.

Несчастные случаи и смертность на урановых рудниках

Год	Несчастные случаи	Смертность
1951	1992	39
1957	3654	45

За период времени 1950 -1960 гг. в сумме произошло 29880 несчастных случаев, в том числе 439 — со смертельным исходом.

Однако эти цифры не учитывают долгосрочных последствий для здоровья. Плохие условия на рудниках и, особенно, высокая концентрация родона (на один или два порядка превышающая предельно допустимый уровень) приводили к большому количеству раковых заболеваний, особенно среди заключенных. Я, однако, боюсь что никогда не будут доступны даже приблизительные цифры, иллюстрирующие ситуацию.

Количество смертельных случаев также увеличивалось за счет заключенных, покалеченных или убитых во время попыток к побегу из концентрационных лагерей: за 1949 — 1959 годы по крайней мере 557 заключенных предприняли попытки к бегству и по крайней мере 32 из них были убиты.

Таким образом, цена, которую чехословацкий народ заплатил за уран для создания советской ядерной бомбы, была очень высокой со всех точек зрения.

ЦЕНА УРАНА

Цена урана обсуждалась многократно. Согласно широко распространенному и устойчивому мнению, Чехословакия теряла большое количество денег на урановой сделке с Советским Союзом. Хотя в настоящее время архивы более-менее свободно доступны, очень трудно провести экономический анализ, учитывающий все факторы, включая стоимость геологической разведки, строительство новых рудников, строительство заводов по повышению концентрации руды и ее химической переработке, изменение цен на уран на мировом рынке и, наконец, ущерб, нанесенный окружающей среде при химическом выделении урана с помощью кислот и последующем захоронении отходов.

Однако, более определенно можно сказать, что Чехословакия, в течение десятилетий бывшая в некотором роде колонией Советского Союза, поставляла Советам уран по цене ниже себестоимости и намного ниже так называемой мировой цены. Эти сомнения и подозрения несколько раз возникали в народе в более либеральные периоды современной истории (в 1956, 1968, после 1989 г.), но никогда не было дано полностью удовлетворяющего ответа. Фактически, обсуждение еще продолжается: совсем недавно я прочитал в бывшей коммунистической газете «Prбvo» статью, утверждавшую без каких-либо новых аргументов или данных по этому вопросу, что советско-чешские урановые сделки , в конце концов, были не так плохи для Чехословакии.

В течение первых пятнадцати лет, между 1945 и 1960 гг., богатейшие урановые месторождения были исчерпаны и Чехословакия потеряла свой

единственный стратегический запас, который, без сомнения, был бы источником топлива для ядерной энергетики в течение будущих десятков, если не сотен лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Архивные данные, хранящиеся в бывшей Чехословакии, не позволяют дать хорошо обоснованный ответ на вопрос о роли чехословацкого урана на первых стадиях советского проекта атомной бомбы. Судя по интересу, проявленному советской стороной, по давлению, оказанному ею для того, чтобы получить в свое распоряжение всю продукцию чехословацкого урана, и по постоянным требованиям увеличить добычу урановых руд, можно сделать вывод, что сокращение поставок урана могло создать угрозу для всего советского проекта атомной бомбы.

Ситуация, конечно, изменилась после открытия урановых месторождений в различных местах Советского Союза, а также в ГДР, Болгарии и других странах.

Существующие в Чехословакии архивные документы, однако, не отвечают на основной вопрос: могли ли быть проведены испытания советской атомной бомбы уже в 1949 г., если бы не было чехословацкого урана?

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaplan Karel, Jвchimovskй doly, 1993.
2. Аркадий Круглов, Как создавалась атомная промышленность в СССР, Москва, 1994.
3. Rainer Kasch, Der Aufbau der Uranindustrie in der SBZ/DDR und CSR als Folge der sowjetischen Uranlьcke, Zeitschrift fьr Geschichtswissenschaft, 1, 1966, 5.

ЯПОНСКИЙ ПРОЕКТ АТОМНОЙ БОМБЫ ВО ВРЕМЯ ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ*

Кадзи М.

Руководство как японских сухопутных войск, так и военно-морского флота, заинтересовалось военным применением атомной энергии вскоре после открытия расщепления ядра урана. Доктор Иосио Нисина, физик мирового масштаба, руководил армейским[1] проектом атомной бомбы в Институте физических и химических исследований (РИКЕН). Профессор Бунсаку Аракацу в Императорском университете в Киото возглавлял атомный проект, контролируемый Военно-морскими силами. Уровень, которого достигли эти проекты, соответствовал состоянию аналогичных исследований Соединенных Штатов в 1942 г. В настоящем докладе дана общая картина японского атомного проекта и анализируются его достижения и недостатки с точки зрения истории науки и техники.

Общая картина японского атомного проекта военного времени стала доступна для японского читателя к 1970 г. Наиболее подробная публикация на эту тему вышла в 1968 г. в многотомной популярной истории современной Японии под названием «Showa-shi no Tenno». Она почти полностью основана на интервью с учеными, принимавшими участие в этих исследованиях [1]. Кроме того, в 1970 г. были опубликованы некоторые относящиеся к проекту технические документы с комментариями. [2].

Сразу после войны разведывательная служба США систематически изучала японские исследовательские работы, связанные с военным применением, в том числе и ядерные [3]. Несмотря на то, что эти результаты были рассекречены только в семидесятых годах, в английской литературе японский атомный проект времен Второй мировой войны был известен уже давно [4].

Целью этого сообщения является описание попыток Японии создать атомную бомбу во время войны на основе известных источников, перечисленных выше, и некоторой дополнительной информации, а также анализ достигнутого уровня и недостатков этих работ с точки зрения истории науки и техники.

И японская армия, и военно-морские силы заинтересовались применением атомной энергии в военных целях вскоре после открытия деления урана в конце 1938 г.

---

* Перевод Гапоновой И.С.

Впервые серьезный интерес Японской армии[1] к ядерному оружию был проявлен генерал-лейтенантом Такео Ясудой, главой Научно-исследовательского института авиационной технологии Японской Армии. В апреле 1940 г. он поручил подполковнику Тацусабуро Судзуки изучить состояние вопроса. Судзуки проконсультировался в Токийском Императорском университете у своего бывшего профессора Риокити Саганэ и в октябре 1940 г. представил отчет на двадцати страницах. В отчете делался вывод, что производство атомной бомбы реально и Япония могла бы иметь для этого соответствующие урановые ресурсы.

Где-то в апреле 1941 г. Ясуда обратился через Судзуки к виконту Масатоси Окоти с официальным запросом экспертной оценки. Последний был директором Института физических и химических исследований (РИКЕН). Этот институт, основанный в Токио в 1917 г., являлся самой крупной и наиболее значительной частной научно-исследовательской организацией в довоенной Японии. Окоти поручил разобраться с этой проблемой физику Института Иосио Нисине.

Нисина являлся центральной фигурой в атомном проекте Института РИКЕН. В то время он был ведущим японским физиком мирового значения, а в 20-х годах он более пяти лет стажировался в Копенгагене у Нильса Бора.

В мае 1943 г. после изучения вопроса о возможности создания атомной бомбы Нисина пришел к следующим выводам: создание атомной бомбы было бы технически возможно, если бы удалось отделить U-235; 1кг этого уранового изотопа эквивалентен 18000 метрических тонн пикриновой кислоты; наиболее перспективным методом разделения изотопов, по-видимому, является метод термической диффузии.

Вернемся к концу 1942 г.. Нисина уже начал работать над проектом атомной бомбы. Проект атомной бомбы в Институте РИКЕН, находящийся под контролем армии, был назван «Проектом Ни». Кодовое название было выбрано по первым буквам имени руководителя проекта, Нисины.

Военно-морской флот также начал собирать информацию об атомной бомбе, но несколько позднее, чем Армия.

Вначале Институт технологических исследований ВМС организовал большую комиссию экспертов — Комитет по исследованиям в области прикладной ядерной физики — под руководством капитана Иодзи Ито, который был принят в состав одного из подразделений Института. Комитет включал в себя почти всех ведущих физиков-ядерщиков и специалистов по электронике Японии. Проведя более 10 совещаний между июлем 1942 и мартом 1943 г., ученые пришли к выводу, что в принципе создание атомной бомбы возможно, но по-видимому, даже для Соединенных Штатов было бы трудно реализовать использование атомного оружия за время войны. Это заключение убедило Институт отложить в сторону атомный проект и сконцентрировать свои силы в другой области, главным образом — на радарных исследованиях.

---

[1] Здесь и в дальнейшем под «армией» автор подразумевает сухопутные войска и военно-воздушные силы. (*Прим. ред.*)

На заключительных этапах войны другое военно-морское подразделение, Управление флота, выступило в качестве спонсора работ по созданию А-бомбы. Проект был сосредоточен вокруг исследовательской группы, руководимой профессором Императорского университета в Киото Бунсаку Аракацу. Проф. Аракацу был одним из ведущих ядерщиков-экспериментаторов Японии. Киотский проект, которым он руководил, получил название «Ф-проекта» (от слова «fission» — деление).

Оба проекта, «Ни» и «Ф», были относительно малыми по своим масштабам. По проекту «Ни» в штате работало меньше пятнадцати человек, все — молодые и, в большинстве своем, в то время неизвестные. Группа в Киото была еще меньше.

Предположения о денежных средствах, затраченных на исследования по атомному проекту во время войны, не были подтверждены, и в настоящее время их величину трудно установить. По свидетельству майора Кендзи Коямы, ключевой фигуры в атомном проекте со стороны Армии, на проект «Ни» было отпущено в общей сложности 2 миллиона йен [5].

По другим источникам [6], Нисина получил в 1943 г. от Армии около одного миллиона йен. Это составляло немногим больше 1% исследовательского бюджета Армии того года [7].

По поводу финансирования «Ф»-проекта существуют противоречивые сведения. В октябрьском меморандуме 1945 года, подготовленном представителями японского флота для США, отмечается, что киотской группе с мая 1943 г. до капитуляции дважды выделялись средства общей суммой в 0,6 миллиона йен [8].

После войны в беседе с представителем специальной Миссии США по последствиям атомной бомбардировки в Японии [9] Нисина сказал, что Япония не имела урановых запасов и заводов по переработке радия, и он считал, что их не существовало во всей Восточной Азии. Вопреки утверждению Нисины, уран был, но в незначительном количестве. Точные оценки количества урановых соединений, полученных в работах по японскому проекту, видимо, невозможны. По свидетельству Сина Хаты [10], бывшего научного сотрудника Института РИКЕН и эксперта по редким элементам, до окончания войны геологической группе Института удалось извлечь 300 кг оксида урана U_3O_8 из 150 т руды, доставленной из префектуры Фукусима в Северной Японии, Кореи и Малайзии. Заметим, что в 300 кг оксида урана содержится около 1,8 кг U-235, что существенно меньше количества, необходимого даже для одной атомной бомбы.

Как в Институте РИКЕН, так и в Киотском Университете ученые пытались выделить U-235, используя гексафторид урана.

Группа ученых в Институте РИКЕН использовала метод термодиффузии. В марте 1944 г. там был построен сепаратор, но его испытания не были успешными. Сепаратор был разрушен при налете бомбардировщиков США 13 апреля 1945 г.

Исследователи в Киото предпочли использовать в качестве метода разделения изотопов центрифугирование. Проект центрифуги был окончательно разработан к концу войны, но до строительства установки дело не дошло.

Нисина в Институте РИКЕН рассматривал атомную бомбу как некий реактор, использующий цепную реакцию медленных нейтронов в обогащенном

уране [11]. Он не надеялся на то, что ослабленная японская промышленность сможет наладить разделение урана и не проанализировал, возможна ли реакция быстрых нейтронов в чистом уране-235.

На последнем этапе войны несколько японских физиков независимо пришли к идее бомбы, основанной на цепной реакции быстрых нейтронов в чистом уране-235 [12].

В ноябре 1944 г. Тадаиоси Хикосака, профессор Высшей школы Дай-Ни в Сендае, исследовал возможность расщепления U-238 быстрыми нейтронами, испускаемыми при делении U-235 [13]. Эта физически неосуществимая идея независимо возникала у многих физиков во всем мире [14].

Профессор Императорского университета в Киото Минору Кобаяси рассчитал критический радиус для быстрых нейтронов в чистом U-235 [15]. Кобаяси, как и Хикосака, был физиком-теоретиком и сотрудничал с группой в Киото, которая планировала разделять изотопы урана методом центрифугирования. В отличие от Нисины, Кобаяси провел расчеты реакции для быстрых нейтронов в чистом уране-235 [16]. Его идея была на таком же уровне, как идея Отто Фриша и Рудольфа Пайерлса в Британии в 1940 г., ставшая главной теоретической основой для создания атомной бомбы в Британии и Соединенных Штатах. Но расчеты Кобаяси не изменили направления японского атомного проекта. Он доложил свои результаты в июле 1945 г. на первом (и последнем) совместном совещании киотской группы и представителей флота. Это произошло как раз за месяц до окончания войны.

Что касается возможности использования плутония, то до окончания войны японские ученые на такую идею не обратили внимания. Плутоний был открыт в США в 1941 г., и детально его свойства стали известны вскоре после Пёрл Харбора.

Японским усилиям по созданию атомной бомбы мешали неадекватное оборудование, недостаток материалов и жесткие условия воздушных налетов. Отсталость академической системы и плохая скоординированность администрации также не улучшали положение. В результате японский проект атомной бомбы не продвинулся слишком далеко.

Американская специальная Миссия по последствиям атомной бомбардировки вскоре после войны сделала заключение: «Констатируется, что научные достижения Японии находились на уровне исследований Соединенных Штатов в 1942 г.». Это была очень точная оценка японского атомного проекта.

И всё-таки, благодаря проекту, ученые сразу же четко поняли смысл произошедшего в Хиросиме и Нагасаки, хотя они и не ожидали, что США удастся так быстро создать атомную бомбу.

Выражаю свою глубокую признательность профессору Токийского технологического института Масакацу Ямадзаки и сотруднику газеты «Асахи — Синбун» Дзиро Томари за полезное обсуждение некоторых разделов этого сообщения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yomiuri Shimbun-sha, ed., *Showa-shi no Tenno* [Император Сёва и история его правления], Tokyo: Yomiuri Shimbun-sha, 1968, vol. 4, pp. 78 — 229 (ссылку на эту работу в дальнейшем обозначаем SST).Совсем недавно одна из ведущих японских газет, «Асахи — Синбун», снова уделила внимание этой теме и опубликовала серию статей, в основу которых положены новые интервью с учеными, оставшимися в живых к настоящему времени: Jiro Tomari, «Maboroshi no Genbaku Kaihatsu» [Неосуществленный проект атомной бомбы], *Asahi Shinbun*, evening edition, August 21, 28, September 4, 11, 18 and October 2, 1995.
2. Nihon Kagakushi Gakkai, ed., *Nihon Kagaku Gijutsu-shi Taikei, vol. 13, Butsuri Kagaku* [Исторический обзор науки и техники Японии. Т. 13. Физические науки], Tokyo: Daiichi Hoki Shuppan, 1970, pp. 441 — 471.
3. Отчеты оккупационных властей США об исследованиях, проводившихся в Японии во время войны, собраны в документах Группы научных и специальных проектов Отдела экономики и науки (ESS) Главнокомандующего союзных войск (SCAP) в Национальных архивах в Сьютленде (Мэриленд, США). С микрофильмом отчета можно ознакомиться в Национальной парламентской библиотеке (Токио, Япония). См. особенно материалы в Record Group 331, Box 7408 (Atomic Bomb Mission Japan, Final Report on Scientific and Mineralogical Investigation).
4. См. John Dower, «'Ni' and 'F': Japan's Wartime Atomic Bomb Research», *Japan in War and Peace. Essays on History, Culture and Race,* London: Harper Collins Publishers, 1995, pp. 55 — 100. (Первоначально материал был опубликован в США, The New Press, 1993). В работе содержится детальный анализ как японских, так и английских публикаций по японскому атомному проекту военного времени. Я считаю, что статья Дауера является кратким, но пока что наиболее достоверным описанием проекта на английском языке. Недавно американский журналист Роберт К. Уилкокс (R.K. Wilcox) опубликовал довольно спекулятивную книгу по этому вопросу: *Japan's Secret War: Japan's Race against Time to Build Its Own Atomic Bomb*, New York: Morrow, 1985. Она переиздана издательством Epilogue, New York: Marlowe, 1995. Уилкокс утверждает, что Япония завершила атомный проект в Северной Корее перед самым окончанием войны. См. критический обзор John W. Dower, *Bulletin of the Atomic Scientists,* 43, no.1 (Aug. — Sep. 1986), pp. 61 — 62. Морис Фразер Лоу (Morris Fraser Low) также приводит исторические и эмпирические аргументы против утверждения Уилкокса: « Japan's Secret War? 'Instant' Scientific Manpower and Japan's World War II Atomic Bomb Project», *Annals of Science*, 47 (1990), 347 — 360.
5. SST, p. 206.
6. Мицуру Ивамия (Mitsuru Iwamiya), бывший служащий Управления военно-воздушных войск. Интервью с «Асахи Синбун». См.: Tomari, *Asahi Shinbun*, 28 августа 1995 г.
7. Армейский бюджет на исследовательские работы в 1943 г. составлял 96,77 миллионов йен, в то время как бюджет военно-морского флота на те же цели был в том же году равен 54,77 миллионов йен. Tetsu Hiroshige, *Kagaku no Shakai-shi*, [Социальная история науки (в современной Японии)], Tokyo: Chuokoron-sha, 1973, p. 219.
8. Джон Дауер оценивает расходы японской армии в 2 миллиона и флота — в 0,6 миллионов йен; в сумме это составляло во время войны 650 000 американских долларов. Эта величина в три тысячи раз меньше, чем стоимость Манхэттенского проекта. См.: Dower, « 'Ni' and 'F'», p. 100.
9. Интервью проводилось 10 сентября 1945 г. GHQ/SCAP. Records, RG 331, Box no. 7408.

10. Shin Hata, «Kido Kenkyu 45-nen no Kaiko [Сорок пять лет исследований редкоземельных элементов]», *Boei — Daiggako Riko — gaku Kenkyu Hokoku*, vol. 12, no. 3 (Sep. 1974), p. 137.
11. Даже после войны в течение всей жизни Нисина полагал, что в основе механизма атомной бомбы лежит цепная реакция медленных нейтронов в обогащенном уране и таким образом объяснял принцип действия атомной бомбы в популярном журнале. См.: Yoshio Nishina, «Genshi Bakudan [Атомная бомба]», *Sekai*, pp. 108 — 122 (March 1946), в частности, pp. 117 — 118.
12. Masakatsu Yamazaki, « Physical Research on the Atomic Bomb and the Rise of Nuclear Weapon Technology during World War II».The XVIII International Congress of History of Science, N32 — 1, Mьnchen, Germany, August 1989. Ямадзаки подчеркивал важность открытия принципа действия бомбы, основанного на цепной реакции быстрых нейтронов в чистом уране — 235, считая, что это открытие привело к политическому решению США создать атомную бомбу.
13. «On the Possibility of an Innovative Method to Utilize Nuclear Energy». Его работа была устно изложена в ноябре 1944 г. на совещании Ядерного отделения Комитета по научным исследованиям в Токио, а в апреле 1950 г. представлена в виде докторской диссертации в Университете Тохоко. Подробности о работе Хикосаки можно найти в докладе Сюдзи Фукуи в трудах настоящей конференции.
14. См. ссылку [12] Yamazaki, «Physical Research on the Atomic Bomb».
15. Хотя Кобаяси познакомился с Хикосакой до войны в Осакском Императорском университете, где они оба работали в течение некоторого времени, Кобаяси рассчитывал критическую массу независимо. Интервью с Кобаяси 6 августа 1996 г.
16. Горо Миямото, исследовавший в Токийском Императорском университете возможность разделения урана электромагнитным методом, также безуспешно пытался рассчитать критическую массу урана-235 в реакции с быстрыми нейтронами. Он работал в Токийском Императорском университете под руководством профессора Саганэ по проекту Управления военно-морского флота. Интервью с Миямото 13 августа 1996 г.

ИСТОРИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ США: РАННИЕ ГОДЫ*

Спрей С.Д.

С начала развития американской программы по ядерному оружию главным в разрешении вопросов по безопасности ядерного оружия и систем оружия являлось заключение совместной военно-гражданской комиссии (**СВГК**). Это военно-гражданское сотрудничество началось с подписания Акта по атомной энергии 1946 г., результатом которого явилось создание **Комиссии по атомной энергии** (**КАЭ**). Практика ссылок на заключения **СВГК** с тех пор широко применялась при проектировании и независимых оценках оружия и систем оружия. Эта основополагающая концепция используется с тех пор на всех этапах разработки оружия. В этой статье дается очерк истории и философии этой концепции.

НАЧАЛО: АКТ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ 1946 г.

В послевоенное время, в связи с развитием ядерного оружия, правительство Соединенных Штатов сформировало гражданскую **Комиссию по атомной энергии (КАЭ)**[1], призванную отвечать за развитие и контроль всех видов ядерной энергии, включая ядерное вооружение. Одним из намерений было установить гражданский контроль над атомной энергией и программами по созданию оружия, но такой, чтобы ответственность за это разделяли и военные структуры. Ключевым требованием в соответствии с законом было, чтобы решающий контроль над ядерным вооружением и особыми материалами был за Президентом. Ответственность **КАЭ** за ядерное вооружение включала исследование, разработку,

---

* Перевод Линде Ю.В. и Ковалёвой С.К.

[1] Гражданская организация с широкими полномочиями по формированию ядерных вооружений и по применению ядерной энергии в иных целях. **КАЭ** существовала как отдельное агентство до 1974 г. С 1974 по 1977 гг. **КАЭ** называлась **Управлением по энергетическим исследованиям и разработкам**. Впоследствии Управление было переименовано в **Министерство энергии** (**МЭ**) (английская аббревиатура — **DoE**), которое в 1977 г. находилось на уровне департамента при кабинете министров. Несмотря на изменения в названии (и отчасти в функциях), основная роль контроля за ядерным вооружением оставалась неизменной.

испытания, производство и ликвидацию. От имени правительства Комиссии представлялось право владения ядерно-оружейными материалами и средствами производства таких материалов и аналогичной продукции[2]. На **КАЭ** возлагалась также ответственность за гарантию общественной безопасности на всех этапах производства, использования и хранения оружия. Для обеспечения этого практиковалось распределение ответственности на совместные военно-гражданские органы. Для этого был создан совместный с **КАЭ** военный комитет (**СВК**), игравший совещательную роль при тогдашнем Министерстве вооруженных сил и военно-морского флота[3]. В дополнение к этому для работы в **КАЭ** из числа военных был назначен Директор по применению энергии в военных целях. Также был разработан механизм для решения любых проблем между военными и гражданскими органами. В качестве арбитра выступал секретарь военного органа, который мог передать спорные вопросы Президенту для окончательного решения[4]. Таковой была первоначальная структура, которая явилась прообразом американской независимой совместной военно-гражданской концепции по безопасности.

Надзор за вооружением первоначально возлагался на **КАЭ**. В некоторых случаях в качестве средства контроля **КАЭ** использовалась специальная ядерная капсула[5]. Исходя из соображения боевой готовности и оперативности, надзор за вооружением с начала 60-х годов передается военным органам. Президентская система национальной безопасности оставила за собой контроль над использованием ядерного вооружения[6]. Тем не менее, совместная ответственность **КАЭ** и **МО** за оценку системы безопасности вооружения (при общем надзоре за вооружением со стороны военных) сохранилась. Лаборатории **КАЭ**, являясь в основном ответственными за разработку ядерного вооружения[7], представляли собой разработчиков различных систем по обеспечению безопасности оружия. Возникла новая концепция ядерного вооружения, известная как «sealed-pit warhead» (боеголовки в закрытых шахтах). Эта концепция навсегда привязала ядерный материал к взрывоопасной ядерной боеголовке, что повлекло за собой новый подход к созданию систем безопасности и их оценке.

---

[2] Уникально то, что все средства производства принадлежат правительству, но приводятся в действие подрядчиком.

[3] Который впоследствии стал **Министерством обороны** (**МО**).

[4] Текущие спорные вопросы могли быть решены **Советом по ядерному вооружению** (**СЯВ**), который состоял из высокопоставленных чиновников **МО** и **МЭ**. Любые спорные нерешенные вопросы подавались на рассмотрение Президента или Совета национальной безопасности при Президенте совместно секретарями по обороне и по энергии.

[5] Не использовалась с начала пятидесятых годов.

[6] С начала 60-х эта структура дополнена введением «permissive action link» (PAL) — звеном разрешающего действия.

[7] К лабораториям **КАЭ** относились: «Сандиа Корпорейшн» в Альбукерке (штат Нью-Мексико) и в Ливерморе (Калифорния), Лос-Аламосская лаборатория в Лос-Аламосе (Нью-Мексико) и Лоуренсовская радиационная лаборатория в Ливерморе (Калифорния). Все они в настоящее время являются национальными лабораториями.

ТРЕБОВАНИЯ

Общая политика правительства по отношению к ядерному оружию заключалась в установлении общественной безопасности и в гарантии этой безопасности. В частности, утверждалось, что «ядерное оружие и системы ядерного вооружения требуют специального внимания, вследствие их политической и военной важности, их разрушительной силы и возможных последствий в результате непредвиденного случая или неуполномоченных действий. Они должны быть защищены от возможных неординарных ситуаций. Разработки по повышению качества систем безопасности должны проводиться непрерывно и с самого начала создания данной системы оружия и продолжаться на протяжении всего периода ее существования». В дальнейшем эта линия была сформулирована в положениях Министерства обороны совместно с Комиссией по атомной энергии / Министерством энергии[8]. Четыре положения касаются как безопасности ядерного взрыва при аварии или в результате непреднамеренных действий, так и контроля над ядерным оружием. Вот эти положения.

1. Будут приниматься позитивные меры по предотвращению ядерных последствий, вызванных оружием, при аварии или в результате непреднамеренных действий или оружием, оставленным без надлежащего надзора.
2. Будут приниматься позитивные меры по предотвращению преднамеренного использования оружия при сбрасывании авиабомб или запуске ракет, за исключением случаев применения при чрезвычайных военных приказах или приказах компетентных властей.
3. Будут приниматься позитивные меры по предотвращению неумышленного использования оружия при сбрасывании авиабомб или запуске ракет.
4. Будут приниматься позитивные меры по обеспечению адекватной безопасности.

«Позитивная мера» определялась как «особенность конструкции, устройство по обеспечению безопасности или действие, направленное исключительно или главным образом на обеспечение ядерной безопасности».

Эти четыре положения взяты непосредственно из Директивы 5030.15 Министерства обороны от 10 июня 1960 г. Основная политика и положения остаются в силе и теперь, с некоторыми изменениями в словесной формулировке и поддерживаются обеими (военной и гражданской) комиссиями.

НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА КОНЦА 50-Х — НАЧАЛА 60-Х ГОДОВ

В конце пятидесятых ВВС США основали **Группу по безопасности ядерного оружия (ГБЯО)** для обеспечения независимой оценки систем вооружения и состояния их содержания и контроля; при этом в качестве оценочных критериев использовались указанные выше четыре положения. После этого вскоре были

---

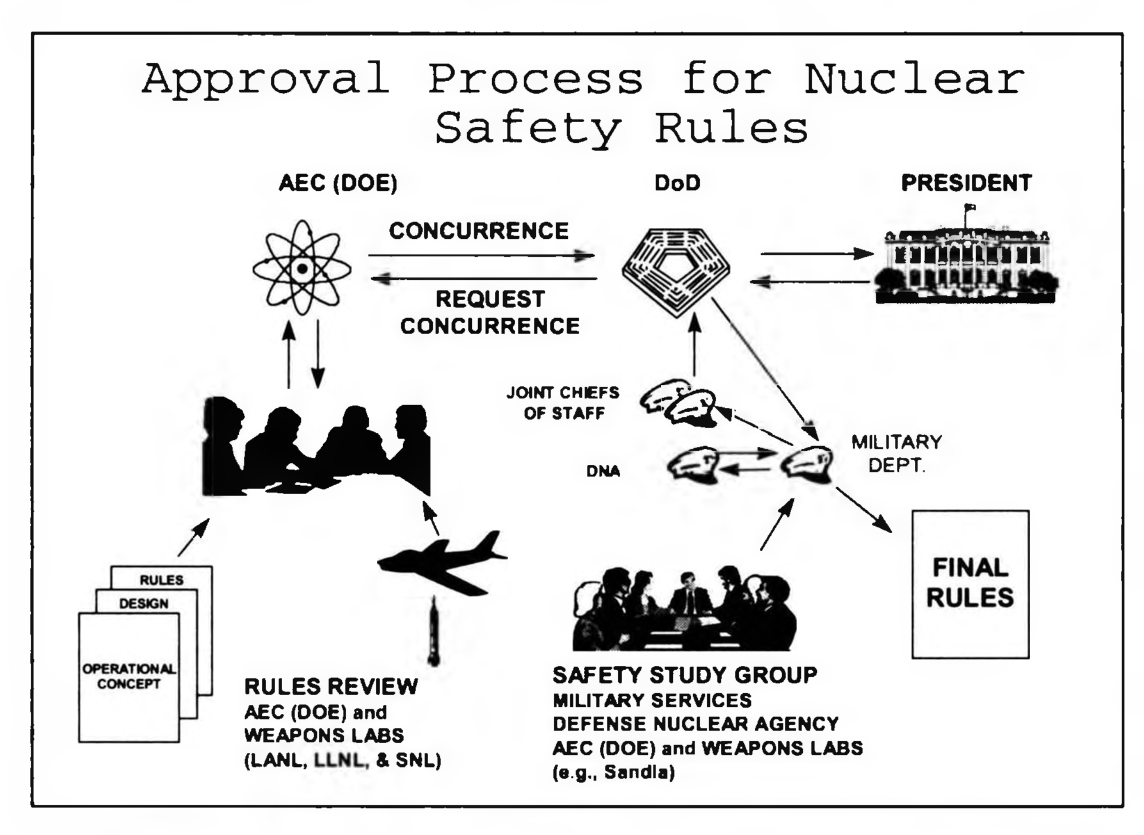
[8] **КАЭ** совместно с **МЭ** установила аналогичный свод положений, касающихся производства, монтажа и демонтажа вооружения, а также надзора над ним.

созданы и другие группы, к каждой из которых был приставлен член **КАЭ (МЭ)**, рекомендованный советниками при лабораториях **МЭ**, например Sandia Laboratories. В дополнение к тому, что у всех них была одна и та же задача, сильной стороной и этой, и других независимых оценочных групп было то, что они не зависели от создателей вооружения как в смысле финансирования, так и по структуре субординации. В обязанности **ГБЯО** входила проверка соответствия *положений* эффективным «позитивным мерам» и разработка свода *Правил безопасности* при эксплуатации систем ядерного вооружения. Эти правила специально вырабатывались для каждой конкретной системы вооружения и были одобрены госсекретарем обороны совместно с **КАЭ(МЭ)**.

В дополнение к оценкам систем вооружений, которые предшествовали их эксплуатации, **ГБЯО** осуществляла периодические оперативные оценки после начала процесса эксплуатации. Повторная оценка осуществлялась через два года после первой и затем через каждые пять лет. Предполагалось, что каждая оценка отражает новый взгляд на проблему и проверяет всю конструкцию системы вооружения с должным учетом всех системных изменений, новым окружением и т.д. Доклады **ГБЯО** дополнялись независимыми сообщениями **МО** и **МЭ**. **ГБЯО** представляет свои доклады до сих пор.

ОЦЕНКИ КАЭ(МЭ) ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Предложенный свод правил безопасности, разработанный **ГБЯО** для регламентации систем вооружения (например, ВВС, бомб, ракет и космических челноков) был отправлен вверх по иерархии военных ведомств для рассмотрения и одобрения, в том числе и в **КАЭ(МЭ)**. Они должны были независимо рассмотреть предложенные правила и представить свой Обзор. Целью этих независимых оценок группы было дать общую оценку ситуации с невоенных позиций. Эта группа, возглавляемая председателем из **КАЭ(МЭ)**, включала высшие чины из национальных лабораторий (Лос-Аламос, Ливермор и Сандиа). В процесс оценки входили полевые экспедиции, когда группа выезжала на конкретные военные объекты для стендовой проверки на местах предлагаемых правил по безопасности. Если группа делала заключение, что эти правила соблюдались, департаменту обороны представлялся документ **КАЭ(МЭ)** о соответствии. Документы о полевых оценках **КАЭ(МЭ)** были обязательными для всех новых систем, а также когда существующие системы подвергались существенным модификациям.



Процесс одобрения правил по безопасности для ядерных систем

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Количественные критерии по безопасности ядерного вооружения тоже были установлены. Они были изложены в документе под названием **Военные характеристики** (**ВХ**). ВХ регламентировали также и другие параметры ядерного вооружения (эффективность, вес, надежность и т.д.); они дополнялись документом СТС[9], регламентирующим физические характеристики нормальной и аномальной (в случае аварии) окружающей среды. ВХ готовились в сотрудничестве с **КАЭ(МЭ)**, затем формально были переданы Комитету по связям с военными от **КАЭ(МЭ)** — **МО**, а требования по безопасности были установлены для каждого вида вооружения.

В конце 60-х унифицированный пакет количественных требований по безопасности был создан для всех программ. В итоге они утверждали, что «вероятность непреднамеренной детонации ядерной боеголовки... не должна превышать:

1. Для нормальных условий хранения и нормальных окружающих условий эксплуатации, описанных в СТС, величину 10^{-9} за период срока годности ядерного оружия.
2. Для аномальных окружающих условий, описанных в СТС, одну миллионную часть на боевую головку или аварийную ситуацию».

[9] STS — аббревиатура от английского «Stockpile-to-Target Secuense» («от хранения до мишени»). (Прим. ред.).

Эти унифицированные критерии по безопасности оружия утверждали и усиливали двойственный подход к ядерной безопасности — предотвращать аварию, но уж если она произошла, то предотвратить ядерный выход. В общенациональном масштабе риск, оцениваемый таким образом, был очень мал, но он зависел не только от степени предотвращения аварийной ситуации. Эту концепцию можно записать в виде уравнения вида:

Национальный риск << (Вероятность аварии) × (Вероятность ядерного выхода в случае аварии)

О ДРУГИХ НЕЗАВИСИМЫХ ОЦЕНКАХ

Группы по оценке конструкции и приемке (ГОКП) представляют собой независимое объединение отдельных организаций под эгидой **МО**. Объединение **ГОКП** — целиком военная оценочная организация, но в нее входят представители от всех органов, имеющих отношение к ядерному оружию. **ГОКП**, действуя по поручению **МО**, даёт оценку конструкциям ядерного оружия до их формального одобрения с точки зрения соответствия требуемым военным характеристикам. Каждый член объединения подчинялся военной организации, ответственной за оружие (армия, военно-морской флот или военно-воздушные силы) и принимал оружие как военный резерв (ВР), на высочайшем уровне безопасности, качества и надежности. Они осуществляли периодические оценки в течение периода разработки программы по данному оружию и представляли окончательное заключение по правилам эксплуатации.

ОЦЕНКИ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБСЛУЖИВАЮЩЕМУ ПЕРСОНАЛУ

В конце 50-х во всех звеньях **КАЭ(МЭ)** и **МО** была введена концепция двухперсонного контроля. Позднее были также внедрены **Программа по безопасности персонала (ПБП)** применительно к персоналу **КАЭ(МЭ)** и **МО**, а также аналогичная **Программа по обеспечению надежности работы персонала (ПНП)** применительно к персоналу **МО**. Следование рекомендациям этих программ было обязательным для всех, кто физически «приложил руки» к ядерному оружию. Обе эти программы по персоналу включают такие элементы как медицинские обследования (медосмотр, контроль на применение наркотиков и алкоголя, осмотр психиатра) и документация опыта деятельности в области ядерного оружия и взрывчатых устройств. Периодически проверялось и документировалось выполнение этих требований. И сегодня эти программы все еще играют важную роль в оценке безопасности систем ядерного оружия.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ ПО ОЦЕНКЕ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В конце 60-х была создана отдельная независимая организация в рамках лаборатории Сандиа для независимой оценки уровня безопасности системы обеспечения оружейной техники безопасности, созданной в лаборатории, и для разработки дополнительных технических обоснований для рекомендаций по оценке уровня безопасности, представляемых в **КАЭ (МЭ)** как результат независимой деятельности по надзору. Наибольший акцент делался на оценку технологических мер безопасности, предназначенных для обеспечения мер безопасности при работе в аномальных (аварийных) условиях — как в целях улучшения понимания сущности аварийной обстановки, так и с точки зрения изучения реакции элементов ядерного оружия на аномальные условия. Степень независимости этой оценочной организации по безопасности усиливалась еще и организацией субординационных уровней, когда организация подчинялась непосредственно высшим административным уровням в Сандиа и была независима от структур, отвечающих за разработку оружия. Это обстоятельство преобразовало системы по независимой оценке ядерного вооружения в новую структуру, которая продолжает существовать и теперь.

На протяжении ранних семидесятых в технологии систем безопасности были сделаны значительные улучшения тремя национальными лабораториями. Так, например, в Национальной лаборатории Сандиа была разработана **концепция по улучшенной системе безопасности при ядерном взрыве** (**КБ**). Эта концепция основывается на идее пассивного подхода к проблеме безопасности и использует «первичные принципы» (т.е. фундаментальные законы природы или физики). **КБ** внедрялась с использованием физических концепций барьеров и принципов сильных и слабых связей. Другими значительными улучшениями технологий безопасности явились слабочувствительные мощные взрывчатые вещества и пожарозащищенные подземные колодцы, разработанные и внедренные в начале 70-х годов Лос-Аламосской национальной лабораторией и Лоуренсовской Ливерморской национальной лабораторией.

В то же самое время, когда внедрялись эти технологические улучшения, совместной комиссией **КАЭ(МЭ) — МО** была осуществлена генеральная переоценка всего запаса ядерного вооружения. Одной из целей было провести оценку возможности согласования этих новых технологий по безопасности с прежними концепциями. В результате всех этих оценок были разработаны и внедрены соответствующие требованиям улучшенные правила по безопасности. Оценки такого типа разрабатывались и далее на основе перехода от одной системы к другой.

ВАЖНЫЕ ЦЕЛИ: НЕПРЕРЫВНЫЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНОК; НЕПРЕРЫВНЫЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

В этой статье был дан лишь краткий обзор некоторых наиболее существенных сторон взаимодействия между МЭ и МО по системе оценок. Есть и много других дополнительных к этим системам безопасности мер, осуществленных МО и МЭ. Эти меры включают работы по обширной внутренней оценке вооружения и систем вооружений. МО, МЭ и национальные лаборатории по разработке оружия проводят дальнейшие работы по оценке существующих систем и по изысканию средств для совершенствования безопасности.

Из обзора истории американской программы по ядерному оружию становится ясно, что независимая гражданско-военная оценка, а также оценка, осуществляемая посредством отдельных независимых оценочных групп, вроде той, что существует при Национальных лабораториях Сандиа, вписала наиболее значительную страницу в историю безопасности американского ядерного оружия.

БЛАГОДАРНОСТИ

Подводя итог моему анализу истории безопасности американского ядерного оружия, я также обращаюсь к опыту и письменным источникам многих других участников событий. Как известно, не стоит верить любому источнику информации, но, тем не менее, считаю своим долгом поблагодарить тех, кто прямо или косвенно внёс вклад в ту информацию, которую я изложил здесь.

Эта работа поддержана МЭ США по контракту DE-AC04-94AL85000.[10]

[10] *Примечание редактора:* Мы благодарны Р.М. Тимербаеву и А.И. Зобову (Центр Карнеги) за консультации при редактировании перевода.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК США И ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ*

Паркер Ф.

С начала публичного доступа к информации об атомной энергии Национальная академия наук (НАН) и Национальная техническая академия (НТА) в своем исполнительном органе — Национальном исследовательском совете (НИС) — рассматривала различные аспекты переработки и захоронения радиоактивных отходов как мирного, так и военного производства. Наиболее ранние обзоры датируются 1954 и 1955 годами. Самые последние современные доклады более детальны и, в соответствии с духом времени, больше стимулируют дальнейшее изучение рассматриваемых проблем.

Есть также несколько постоянно сопутствующих тем, непосредственно не являющихся объектом рассмотрения НАН/НИС:

— любое состояние окружающей среды уникально;
— при любом выборе должна быть информация о степени риска;
— определение риска должно быть расширенным и включать в себя социальные, культурные и экономические оценки;
— при надлежащем выборе места захоронения не должно существовать таких технических причин, по которым нельзя сделать геологическое захоронение безопасным с той степенью риска, которая обычно принимается обществом;
— нам необходимо быть скептиками относительно наших способностей предсказывать отдаленное будущее в пределах 1000 лет с любой степенью точности;
— обязательны исследования непосредственно на месте, причем существенно независимое доскональное изучение проблемы.

РАННИЕ ГОДЫ, 1955-1980

Бесспорно, первым открытым независимым научным обзором по проблеме захоронения любых радиоактивных отходов в мире был обзор, проведенный одним из предшественников нынешних комитетов, подчиняющихся Совету по обращению с радиоактивными отходами. В Первом докладе по биологическому

---

* Перевод Линде Ю.В.

воздействию атомных излучений, опубликованном в 1956 году, одна из шести глав называлась «Захоронение и рассредоточение радиоактивных отходов» [1]. Интересно отметить, каким предвидящим оказался этот комитет. В докладе отмечены позиции, требующие дальнейшего изучения:

1. Геофизические и геохимические аспекты окончательного захоронения высокоактивных отходов.
2. Выбор места для различных ядерных предприятий, особенно радиохимических заводов и их размещение с учетом подходящих площадей для захоронения отходов.
3. Транспортировка высокорадиоактивных материалов.
4. Связь введения в строй и эволюции ядерных предприятий с основными социальными и экономическими ситуациями, влияющими на здоровье населения и существовавшими как до пуска, так и возникшими в результате работы предприятий.

Следует также заметить, что термин «рассредоточение» в этом докладе имеет совершенно иной смысл, нежели общепринятый сегодня. Авторы имели в виду распространение изотопов и источников для медицинских, научных и промышленных целей, выброс нуклидов при авариях реакторов, аварии на перерабатывающих заводах или в хранилищах, радиоактивные осадки при испытаниях ядерного оружия, — всё это они рекомендовали поставить под международный контроль. В докладе также утверждалось, что «проблемы захоронения отходов должны носить международный характер и должны быть технически решены так, чтобы поддерживать состояние окружающей среды на низком уровне радиоактивности и чтобы аварии были бы вовремя остановлены и не переросли бы в катастрофы».

Заметим, что в докладе ничего не говорится о том, что аварии могут быть полностью исключены. Гораздо более известен доклад другой организации, предшественницы нынешних — «Захоронение радиоактивных отходов на Земле»[2]. Комитет по захоронению отходов Департамента наук о земле в докладе 1957 года собрал большинство работ, которые обсуждались на встрече в сентябре в Принстонском университете. Доклад касается как мелкого, так и глубокого захоронения. Термин «мелкое» несколько неправилен, поскольку была исследована шахта глубиной 6000-7000 футов. Комитет утверждал, что «хранение в емкостях в настоящее время наиболее безопасно и, возможно, является наиболее экономически целесообразным методом хранения отходов».

В докладе утверждается, что «наиболее многообещающим методом захоронения высокоактивных отходов в настоящее время представляется захоронение в соляных пластах».

Вслед за захоронением в соляных пластах, наиболее перспективным методом «представляется отверждение отходов в шлаках или керамиках, образующих относительно нерастворимые продукты». Они должны быть загружены в сухие шахты, поверхностные хранилища или в большие полости в соляных пластах». В докладе также говорится о том, что «захоронение отходов в пористых слоях, перемежающихся с непроницаемыми слоями в синклинальной структуре, возможно в более отдаленном будущем, но прежде, чем это можно будет

осуществить, предстоит решить массу трудных и комплексных проблем». И, наконец, в докладе утверждается: «продолжающееся захоронение определенного [большого объема] количества низкоактивных отходов в безводной зоне, выше уровня грунтовых вод, должно быть ограничено в связи с неоправданно долговременной степенью риска». Насколько дальше мы бы ушли вперед сегодня в решении проблем захоронения, если бы Комиссия по атомной энергии (КАЭ) и ее преемники последовали бы этим советам!

Очевидно, Комитет не мог полностью предвидеть грядущее. Члены Комитета считали соль непроницаемой, не рассматривали проблемы захоронения чрезвычайно долгоживущих актинидов (возможно, потому что в целом данный вопрос возник в связи с более поздней классификацией отходов). Однако, они совершенно правильно расставили приоритеты, когда заявляли, что «обсуждение проблем опасности привело к заключению, что первичной должна быть безопасность, превалируя над стоимостью».

Эти рекомендации непосредственно привели в 1957 г. к Проекту соляного захоронения в Окриджской национальной лаборатории. Работы развивались весьма успешно и на первой международной конференции по захоронению отходов [3] был представлен доклад о соляном захоронении. Кроме того, два доклада были представлены на первых слушаниях по захоронению отходов в Объединенном Комитете по атомной энергии (1959 г.) [4]. Эта работа привела к успешной демонстрации захоронений отработавшего ядерного топлива в соляных отложениях по Проекту «Соляной склеп» в Лионе (Канзас) в 1964-1967 гг. — первый опыт такого рода [5].

К вопросу о тепловыделении, поднятому в публикации [2] по наземному захоронению, вернулись почти сразу после того, как Фрэнсис Бэрч предположил, что отходы, выделяющие тепло со скоростью 0,01 Вт/галлон в слое толщиной 100 м, «могут пребывать без чрезмерного повышения температуры. Концентрации, превышающие данный уровень, приводят к вопросам, на которые чрезвычайно трудно ответить» (100°С) [6]. Несмотря на этот своевременный и актуальный совет по ограничению роста температуры в геологических формациях, КАЭ и организации-преемники продолжают верить в то, что они могут без труда захоронить отходы при гораздо более высоких температурах (275°С) [7].

В тот же контракт с КАЭ входит пункт, что НАН/НИС должны были «осуществлять функции постоянного консультанта по геологическим и геофизическим программам« [8]. В результате Комитет, ныне известный как Комитет по геологическим аспектам захоронения радиоактивных отходов, обследовав все основные сооружения и проверив эксперименты в Окридже по гидроразрушению пластов, предложил захоронение высокоактивных отходов в кристаллических коренных породах ниже русла Саванна Ривер, ввел порядок захоронения и процессов кальцинации в Национальном реакторном испытательном центре в Айдахо Фоллс (Айдахо), процессов захоронения в Хэнфордском центре производства атомных продуктов и порядок экспериментов в соляных пластах в Хатчисоне и Лионе (Канзас). В отчете Комитета были представлены несколько рекомендаций: «1.Безопасность имеет первостепенное

значение, доминируя над стоимостью. 2.Радиоактивные отходы при подземном захоронении должны быть изолированы настолько, насколько это возможно, от контакта с любыми живыми организмами». Комитет сделал вывод, что «не существует совершенных мест, в которых радиоактивные отходы складированы или захоронены, полностью подходящих для безопасного захоронения любых видов радиоактивных отходов, кроме сильно разбавленных, очень низкоактивных жидкостей, при этом возможное исключение составляют инъекции жидкого цементного раствора в трещины глинистых сланцев в Окридже». Насколько меньшую цену мы заплатили бы за восстановление окружающей среды и насколько более весомы были бы ядерные программы в глазах общества, следуй мы этому совету!

Этот доклад для КАЭ не был представлен для публичного обсуждения вследствие (ссылки Боффи) негативной оценки со стороны КАЭ потенциальных мест для безопасного захоронения жидких радиоактивных отходов.

Комитет вернулся к проблеме захоронения высокоактивных отходов в соляных отложениях. Основной тезис — «использование пластовых соляных отложений для захоронения радиоактивных отходов представляется удовлетворительным. Вдобавок, это наиболее безопасный выбор из всех существующих, при условии, что отходы находятся в соответствующей форме и соляные пласты имеют необходимую конфигурацию и отвечают геологическим критериям« [10]. После успешного завершения проекта «Соляной склеп» КАЭ объявила в 1970 г. о своем намерении построить полномасштабное хранилище в Лионе (Канзас) на соляных отложениях в течение 5 лет стоимостью 25 миллионов долларов [11]. При существующем в то время политическом климате это было бы возможно. Однако, позднее это намерение было заброшено по политическим и техническим причинам, включая потери циркулирующего раствора в процессе подготовки шахты на горном предприятии Американской соляной компании [11].

Затем Комитет приступил к изучению специфических проектов для Саванна Ривер [12] и Хэнфорда [13]. Первый экспертный вывод состоял в том, что не существует сколь либо приемлемой разведки на поверхности земли, которая могла бы убедительно показать безопасность хранения отходов в глубоких подземных полостях. Для подобных демонстраций необходима проверка на месте и испытание горных пород, в которых могут быть сооружены хранилища.

Обзор ситуации в Хэнфорде мог быть написан и сегодня, ибо в нем отмечается, что «обращение с отходами в Хэнфорде подверглось резкой критике за неадекватный бюджет, весьма поспешные решения и небрежность в повседневных операциях». Экспертная группа также сделала вывод, что «большую часть породы и осадочных слоев, содержащих рассеянные радионуклиды, следует оставить на месте; они не должны быть извлечены до тех пор, пока они могут представлять собой большую опасность для окружающей среды».

До Хэнфордского обзора Комитет рассмотрел предложение по временному хранилищу отвержденных высокоактивных отходов (восстановимая поверхность — предприятие-хранилище (ВППХ)) и сделал вывод, что хранение на восстановимой поверхности есть приемлемый временный шаг в обширной системе по обращению с высокоактивными отходами «[14].

В кратком письменном докладе по транспортировке [15] Комитет пришел к заключению, что из-за «ограниченной экспертами перспективы кажется вероятным, что полный риск транспортировки складывается из непосредственной гибели и травм, а также повреждения имущества вследствие обычных дорожных аварий, что прямо не связано с радиацией». Это является подтверждением поддающегося оценке подхода и определению базового рискав том, что нерадиационная опасность при транспортировке может с большой вероятностью превышать радиационную, и, наконец, вклад транспортировки в проблему захоронения отходов.

После первого анализа захоронений низкоактивных отходов Комитет констатировал, что «в то время, как эксперты полагают, что ни сейчас, ни в будущем не будет заметного вреда для человека от прошлой и настоящей деятельности в области захоронения твердых низкоактивных отходов в земле, мы не уверены, что существующая практика будет неограниченно продолжаться в будущем» [16].

В докладе, касающемся геологических критериев хранилищ высокоактивных отходов [17], Комитет отмечал: «Использование глубоких хранилищ в подходящей геологической формации является наиболее приемлемым в настоящее время с точки зрения изоляции радиоактивных отходов от биосферы на несколько столетий в случае β–γ — излучателей и на несколько тысячелетий для α — излучателей». В этом же докладе рекомендованы общие критерии — геологические с учетом долговременной стабильности, гидрологические, геохимические и геоэкономические, которые не очень отличаются от действующих сегодня.

Комитету скоро стало ясно, что в конечном счете именно контроль должен быть сердцевиной реализации долговременных экологических радиационных стандартов, и он рекомендовал соответствующую процедуру повторных проверок [18].

Один из наиболее дискуссионных докладов был посвящен отверждению высокоактивных отходов, где было установлено, что «формы твердых отходов должны выбираться только в контексте общей системы обращения с радиоактивными отходами»[19].

Эксперты сделали вывод, что помимо информации, получаемой из иностранных программ, нельзя пренебрегать оценками промышленных предприятий, университетов и некоммерческих организаций — их тоже следует рассматривать как можно полнее.

РАБОТЫ 1980–1995 гг.

За первые 24 — 24,5 года Советом было опубликовано 14 докладов, но особенно плодотворной была работа в последнее десятилетие, когда Совет выпустил 49 докладов.

Совет принял участие в обсуждении того пункта в Заявлении об Экологических Последствиях, в котором говорилось об обращении с радиоактивными коммерческими отходами [20], и обнаружил многочисленные «нестыковки», крайне незначительную системность в анализе, «чрезвычайно примитивные

критерии для оценки комплексного воздействия ситуаций на экономику и социальную среду», «поверхностное обсуждение объективных выводов» и «нереальность временных режимов». Многие из этих критических замечаний справедливы и по сей день.

Комитет позже прокомментировал проект Правил Комиссии по ядерному регулированию (10CFR60), касающийся захоронения высокоактивных отходов [21] и отметил несвоевременность этих правил, опубликованных до появления Правил Агенства по Охране Окружающей Среды (АОС), которые наиболее адекватны ситуации и основаны на Стандартах АОС, в основе которых лежат любые, а не только окончательные или опубликованные сведения. Комитет обнаружил восемь причин, по которым Правила Комиссии являются негодными, включая простоту лицензирования, декларируемую НИС, отсутствие определенности, каким образом проводить оценку упаковки отходов и их транспортировки по воде, и констатировал, что «попытки удовлетворить специфические технические требования могут отвлечь внимание Министерства по атомной энергии (МАЭ) от более важных задач по точному исполнению всеохватывающих стандартов безопасности систем захоронения отходов». Комитет рекомендовал «отказаться от точных численных критериев для главных характеристик хранилища отходов». Он также констатировал, что «трудности введения технических параметров и обоснованных численных критериев на базе текущего знания могут снизить качество любого анализа и с неизбежностью должны внести неопределенность в такие стандарты даже в более позднее время, когда действительные цифры приобретут определенную значимость». Эта критика и советы выражают весьма здравый подход Комитета и все еще ожидают своей реализации.

С началом работ по сооружению Пилотной Установки по захоронению отходов экспертная группа сформулировала подход к научным и техническим аспектам, критериям, планам и работам по проекту этой установки. После обсуждения экспертами было опубликовано 9 письменных сообщений и один обобщающий доклад [22]. Это изучение впервые спроектированного в США геологического захоронения было также первым длительным изучением проекта захоронения радиоактивных отходов. Контракт был многократно возобновлен при поддержке МАЭ и Наблюдательной комиссии штата Нью-Мехико, а также Федеральной группы контроля окружающей среды. Эксперты дали свои оценки в ответ на запросы официальных лиц штата и федеральных властей, включая членов обеих палат Конгресса США. Хотя эти работы были весьма важными для характеристики самой экспертной группы, возможно еще более важными были регулярные встречи с участниками проекта Пилотной Установки, где проходили жаркие дискуссии по техническим и научным аспектам проекта.

Экспертами были проведены обзоры научных и технических аспектов проекта, одновременно были даны ответы на научные вопросы, возникшие у делегации избирателей. Делегация отметила значительное число случаев, когда принятию правильного решения способствовало изучение доклада, сделанного экспертами НАН/НИС. В то же время, хотя эксперты дали высокую оценку

по результатам научных и технических исследований, эксплутационные решения были менее удовлетворительными. В частности, эксперты пользовались в течение долгого времени термином «эксплуатационная оценка» с тем, чтобы эта оценка более ярко подчеркивала исследовательскую часть. Эксперты долгое время обращали внимание на проблемы газовыделения и на необходимость инженерного решения проблемы высаливания, если будет доказана их серьезность.

Совет пересмотрел практику обращения с отходами на заводе в Саванна Ривер [23] и в Окриджской лаборатории [24]. Было установлено, что как и на заводе в Хэнфорде, практика обращения с отходами в прошлом и в настоящее время не ведет к радиационной угрозе ни рабочим, ни окружающей среде, тем не менее «следует предпринять определенные процедурные усовершенствования».

Эксперты нашли, что все существующие проблемы в Окридже связаны с плохими геологическими и гидрологическими местными факторами. Также было отмечено, что не был проведен комплексный анализ альтернативных методов обращения с отходами, и особенно указывалось на отсутствие политики, направленной на сведение отходов к минимуму. Эксперты считали, что «главным достижением Окриджской лаборатории была демонстрация того факта, что гидротрещины в породе могут быть успешно использованы для захоронения отходов, по крайней мере низкого и промежуточного уровня активности.»

Другой взгляд на проблему отходов в Хэнфорде [25] выделил три основных пункта:

1) Различие между отходами высокого уровня, помещенными в емкость с обычной рубашкой (вплоть до конца 1970 г.), в дальнейшем именуемыми старыми отходами, и такими же отходами, помещенными в емкость с двойной рубашкой (после 1970 г.), в дальнейшем — новые отходы. Более низкая активность старых отходов, стоимости и производственные риски — факторы, которые необходимо учесть при удалении отходов из мест локализации; отверждение их и загрузка в геологические формации говорят в пользу рассмотрения иных методов захоронения в отличие от геологических, которые с очевидностью подходят для новых отходов.
2) Рекомендовано, в соответствии с длительной практикой, делать выбор предпочтительного метода обращения с каждым типом отходов на исчерпывающем сравнении общих рисков для персонала и населения, включенных в каждую схему выбора.
3) Любой анализ, проведенный для чрезвычайной экологической ситуации в месте расположения Хэнфорда, должен базироваться на уверенности, что учтены все основные случайности и, следовательно, расчетные риски невелики и приемлемы.

Первое в США исчерпывающее, систематическое изучение захоронения отходов высокого уровня активности и отработанного топлива в геологических формациях было опубликовано в 1983 г. [26]. В этой работе даны детальные требования к готовности технологии геологического захоронения отходов, упаковке отходов, сооружению хранилища, геологии, гидрогеологии и геохимии, что охватывает все требования к предполагаемому хранилищу.

Эксперты рекомендовали критерии таких характеристик как норма дозы со средним временем жизни для отдельного человека в любой момент времени в будущем, возобновили изучение боро-кремниевого стекла и упаковки отходов, предельных норм растворимости, формирования и транспортировки коллоидов и сложных соединений, разработку лучших форм упаковки и хранения отходов как непременное условие и расширение полномочий экспертных групп МАЭ для обеспечения адекватного обсуждения внутридисциплинарных проблем.

В равной мере спорной, как внутри, так и за пределами Совета, была первая попытка проникнуть в социальные и экономические аспекты размещения радиоактивных отходов [27]. Экспертная группа «признала, что основная часть имеющихся в наличии социальных научных знаний является неполной и необъективной для того, чтобы создать и внедрить эффективную систему обращения с радиоактивными отходами». Они составили окончательный список тех вопросов, затрагивающих общественное мнение, эффекты локализации и транспортировки оборудования, эффекты местоположения и проблемы общественных институтов, на которые до сих пор нет ответа. Они настоятельно рекомендовали более широкое участие общественности и привлечение внимания к изучению и поддержке социо-экономических проблем. Эксперты в то же время совершенно отвергли идею о необходимости разработки специфических социо-экономических критериев в дополнение к научно-физическим и инженерным критериям в процессе выбора хранилищ. В настоящее время Совет считает, что социальным наукам в области размещения радиоактивных отходов отводится недостаточное внимание.

Поскольку взгляды на Программу захоронения отходов становятся все более полярными и привлекают все большее политическое внимание, Совет попросили прокомментировать те документы, которые будут иметь наибольший вес в Программе. Совет не стал на позицию выработки генеральных линий размещения хранилищ, но отметил, что из-за многочисленных целей, существующих в политике размещения ядерных отходов и в связи со сложностью и геологической разнородностью предполагаемых мест, которые должны быть рекомендованы, «невозможно составить набор определенных критериев оценки и процедур, которые бы определили, единственно на научной основе, основания для однозначного предпочтения одного места по сравнению с другим» и что комбинация всех сложностей и неопределенностей выбора этих мест означает, «что МАЭ должно проявить значительную осторожность, прежде чем вынести свое техническое заключение при рекомендации трех или более мест» [28].

Позднее Совет сделал новый обзор методологии выбора мест захоронения [29, 30, 31]. Когда Совет обнаружил, что в проектных оценках окружающей среды для девяти рассматриваемых мест «методология сравнительных оценок неудовлетворительна, неадекватна, не подтверждена документами, необъективна и поэтому должна быть пересмотрена» [29], МАЭ тут же сделало это. Для классификации мест МАЭ использовало методику многих признаков. Совет отреагировал следующим замечанием: «Придя к выводу, что не существует универсальной процедуры классификации, Совет верит, что метод многих признаков может стать тем приближенным методом, который поможет МАЭ при

выборе мест захоронения учесть все технические, экономические, экологические, социо-экономические проблемы, также как проблемы здоровья и безопасности» [31].

Совет в своей рецензии на техническое задание проекта МАЭ рекомендовал, чтобы это задание было пересмотрено в более широком смысле с тем, чтобы «создать систему размещения отходов высокой активности на научной почве с учетом требований окружающей среды, причем эта система должна быть принята общественностью и экономически выгодна». Совет настойчиво рекомендовал установить более реальные временные режимы и указал, что существующая стратегия, рассчитывающая на «безукоризненное исполнение МАЭ каждой отдельной задачи и на чрезвычайную ответственность НИС и ЕРА при исполнении своих обязанностей... почти наверняка оказалась ошибочной». Совет также настаивал на более активном взаимодействии с общественностью [32].

Основные вопросы доклада [33], на которых акцентировалось внимание при полном обзоре отходов предприятий, перерабатывающих уран: «1) необходимо принять спокойную, но строго определенную программу контроля отходов предприятий, перерабатывающих уран, предусматривающую, в случае необходимости, коррекционные действия: 2) стратегии управления риском должны учитывать специфику места. 3) ущерб здоровью населения, связанный с излучением радона от груд отходов урана, невелик для среднестатистического гражданина США, а дозы облучения колеблются в пределах от малых до средних для большинства людей, живущих вблизи от этих мест, но при специфических обстоятельствах могут стать значительными для отдельных людей, которые живут в непосредственной близости от определенных неконтролируемых груд отходов». Совет рекомендовал также: «Общество защиты окружающей среды США должно приложить усилия, чтобы достигнуть большего согласия внутри самого Общества в подходах к этой проблеме (отходы производства) и большей согласованности между мерами борьбы с опасностью, связанной с урановыми отходами, и теми мерами, которые оно принимало в других случаях».

Возможно, одним из наиболее важных докладов был тот, в котором было выдвинуто требование пересмотра направлений выполнения Программы захоронения отходов высокой активности [34]. В докладе говорится, что «Программа захоронения отходов в США характеризуется высокой степенью негибкости как в части временных режимов , так и в смысле технических спецификаций» и «плохо применима к техническим непосредственным задачам». «Альтернативный подход делает акцент на гибкости программы: настало время оценить выполнение и желание откликаться на проблемы по мере их возникновения, вносить коррективы, если оказывается, что действительность не соответствует планам, проводить ревизию проектов и инструкций, если будет обнаружено, что они препятствуют достижению цели человеческого здоровья». Большинство рекомендованных изменений было, по возможности, внесено.

Один из геологов Министерства атомной энергии поднял вопрос о необходимости гидроизоляции предложенного места захоронения в горах Юкка. В результате натурных исследований, моделирования и геохимического

изучения эксперты установили, что «нет доказательств в поддержку утверждения, что грунтовые воды периодически поднимаются на сотни метров из глубины земной коры. На самом деле имеются все доказательства в пользу процесса выхода на поверхность рудных жил...» [35].

Прежде чем согласиться передать федеральную землю в штат Калифорния, Министерство внутренних дел потребовало доклад о состоянии Долины Уорд, лицензированного места для захоронения отходов низкой активности [36]. Исследования показали, что это место является подходящим, но был рекомендован постоянный контроль за движением поверхностных вод по направлению к грунтовым водам.

После того как Верховный суд возвратил на доработку часть инструкций 40CFR191 (для отходов с высокой степенью радиоактивности), Конгресс обязал Национальную Академию наук рассмотреть некоторые спорные пункты. Экспертная группа установила, что приемка места должна быть оценена на уровне риска, а не на основании предельных норм дозы или выбросов, эти оценки должны быть приведены в соответствие со временем максимальной опасности, даже если оно превышает миллион лет. Расчеты по сценарию вторжения человека должны быть построены не на риске для этого самозванца, а на возможности восстановить хранилище после вторжения таким образом, чтобы оно вновь соответствовало пределу риска [37].

Комитет в течение ряда лет изучал планы МАЭ США по реабилитации зараженных мест [38-43], в результате чего был выпущен доклад «Проблемы технического управления Программой» [44].

Были определены основные проблемы: «1) существующие организационные структуры больше занимаются планированием, чем решением проблем; 2) обязательства принимаются без адекватного учета технической осуществимости, стоимости и сроков выполнения; 3) неспособность рассматривать одновременно более одного альтернативного метода; 4) порядок очередности решения проблем устанавливается на основании узкой интерпретации инструкций, а не на целях инструкций защитить окружающую среду и здоровье населения; 5) конечной целью Программы является выпуск документов, а не средств для достижения цели; 6) полностью отсутствует координация организаций; и 7) в отдельных местах существует синдром «придумано не здесь».

Самый последний доклад был связан с вопросом возможной трансмутации для отходов высокой активности [45]. Рекомендации экспертов были следующими: «Ни одна из рассмотренных концепций систем разделения и трансмутации не исключает необходимости геологического захоронения; должна быть продолжена существующая политика использования одноразового топливного цикла для коммерческих реакторов с последующим захоронением отработанного топлива как отходов высокой активности; возможность восстановления топлива должна быть растянута на разумные сроки (порядка 100 лет); чтобы создать и придерживаться в будущем эффективной по стоимости программы разделения и трансмутации коммерческого отработанного топлива, по отдельным вопросам в следующем десятилетии должна быть выполнена испытанная, но скромная и тщательно отработанная программа исследований и разработок».

Этот обзор сфокусирован на докладах Совета обращения с радиоактивными отходами, но существует множество других докладов, которые прямо или косвенно связаны с вопросами радиоактивных отходов. Среди них — серия докладов Совета по воздействию ионизирующих излучений [1, 46-50] — те, что рассматривают проблемы, связанные с оружейными комплексами [51, 52], и более поздние доклады, рассматривающие коррекционные программы. В частности, важным был доклад, рекомендующий расширение пределов оценок риска и введение интегральной оценки риска, участие общественности, управление риском и необходимость существования таких лиц, которые принимают решения в непрерывном, повторяющемся процессе с целью определения типа и степени коррекций, идентификации степени риска для рабочих и населения во время коррекционных работ, в месте захоронения и вне его, и определение остаточного риска, сопровождающего коррекцию [53].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пронесясь галопом по 67-и консультативным докладам, охватывающим 40 лет, о которых здесь рассказано в гораздо меньшем количестве страниц, вряд ли можно что-то в общем и целом сказать о роли Академии и о результатах ее деятельности. На основании структуры Академии, а также состава и сущности членов Совета и Экспертной комиссии, Академии очевидно, что было бы ошибкой рассматривать НАН/НИС в качестве фирмы-консультанта. Скорее, самое полезное — это использовать Академию для составления общей картины и для оценки состояния дел или для обзорных работ в пограничных областях знания. Кроме того, в случае спорности вопросов и полярных взглядов участников проектов НАН/НИС можно иногда просить выступить в качестве научного арбитра.

Вероятно, наиболее полезное, что может сделать Совет — это отступить назад и посмотреть на проблему с точки зрения фундаментальной науки и технологии и с системной точки зрения. Знаменательные отчеты — это «Захоронение радиоактивных отходов на Земле»; «Изучение систем изоляции для геологического захоронения радиоактивных отходов»; «Социальные и экономические аспекты захоронения радиоактивных отходов»; «Переосмысление проблемы захоронения радиоактивных отходов высокой активности. Выработка консенсуса.»; «Подземные воды в горной местности Юкка: как высоко они могут подняться» и «Ядерные отходы: Технологии разделения и трансмутации». Влияние этих отчетов на одну из основных программ МАЭ, а именно, «Пилотная Установка для захоронения отходов (хранилище в пластах соли для трансурановых отходов)» было весьма заметным, по крайней мере, об этом можно судить по письмам Делегации Конгресса из Нью-Мехико, адресованным Совету и Экспертной группе.

В заключение можно сказать, что Совет почти с самого начала подчеркивал необходимость изучения Программы независимыми экспертами, требовал более открытого обсуждения и более гибких временных режимов в зависимости от успехов в исследованиях и натурных испытаниях, системного подхода и более долговременной перспективы и, поскольку каждая ситуация в окружающей

среде уникальна, при выборе мест захоронения необходима информация об оценках степени риска, причем определение риска должно быть расширено и включать социальные, культурные и экономические аспекты при выборе соответствующего места; не существует технических причин, мешающих быть месту захоронения безопасным в соответствии с теми нормами риска, которые приняты как безопасные для населения. Нужно скромно ограничить способности человека предсказывать далекое будущее с любой степенью точности сроками намного меньше, чем 1000 лет. Необходимы также исследования *in situ*. Академия надеется, что сотрудничество будет продолжено и обогатит программу МАЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Biological Effects of Atomic Radiation (1956).
2. The Disposal of Radioactive Waste on Land (1957).
3. Disposal of Radioactive Wastes, Vienna, Austria. Vol. *2,* International Atomic Energy Agency (1960).
4. Hearings. United States Cong. Joint Committee on Atomic Energy, 86th Cong., 1st Sess., 1 Vol.. Washington, D.C., Government Printing Office (1959).
5. W.J. BOEGLY, JR,. R.L. BRADSHAW, E.M. EMPSON, W.F. SCHAFFER, JR., F.L. PARKER, and J.O. BLOMEKE, «Project Salt Vault: A Demonstration Disposal of High-Level Radioactive Solids in Lyons. Kansas. Salt Mine,» Health Physics. 12 (March J966),
6. Thermal Considerations in Deep Disposal of Radioactive Waste (1958).
7. Site Characterization Plan, Vol. VII, U.S. Department of Energy (December 1968).
8. Review of Radioactive Waste Disposal Technology — — Report to the Division of Reactor Development and Technology. U.S. Atomic Energy Commission (1966).
9. P.M. BOFFEY, «The Brain Bank of America,» An Inquiry into the Politics of Science,» New York. New York (1975).
10. Disposal of Solid Radioactive Waste in Bedded Salt Deposits (1970).
11. L.J. CARTER. «Nuclear Imperatives and Public Trust; Dealing with Radioactive Waste,» Johns Hopkins Press (1987).
12. An Evaluation of the Concept of Storing Radioactive Waste in Bedrock Below the Savannah River Plant Site (1972).
13. Radioactive Wastes at the Hanford Reservation: A Technical Review (1978).
14. Interim Storage of Solidified High-Level Radioactive Wastes (1975).
15. Transportation of High-Level Nuclear Wastes: Letter Report of the Panel on Transportation of Radioactive Waste (1974).
16. The Shallow Land Burial of Low Level Radioactively Contaminated Solid Waste (1976).
17. Geological Criteria for Repositories for High-Level Radioactive Waste (1978).
18. Implementation of Long-Term Environmental Radiation Standards: The Issue of Verification (1979).
19. Solidification of High-level Radioactive Wastes, Note: not published by NAS: direct requests to U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-0895 (1979).
20. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy's Draft Generic Environmental Impact Statement on Management of Commercially Generated Radioactive Waste (1980).
21. BRWM Letter Report on the U.S. Nuclear Regulatory Commission's Proposed Rule 10 CFR 60 for the Disposal of High-Level Radioactive Waste in Geologic Repositories (1981).
22. Review of the Scientific and Technical Criteria for the Waste Isolation Pilot Plant, WIPP (1984).
23. Radioactive Waste Management at the Savannah River Plant, A Technical Review (1981).

24. The Management of Radioactive Waste at the Oak Ridge National Laboratory: A Technical Review (1985).
25. BRWM Letter Report Transmitting Recommendation on the Management of Defense Wastes at Hanford to the U.S. Department of Energy (August 1985).
26. A Study of the Isolation System for Geologic Disposal of Radioactive Wastes (1983).
27. Social and Economic Aspects of Radioactive Waste Disposal (1984).
28. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy's General Siting Guidelines and U.S. Nuclear Regulatory Commission's Preliminary Decision on the Guidelines (1984).
29. BRWM Letter Report on Chapter 7 and Appendix B of the U.S. Department of Energy's Draft Environmental Assessments (April 1985).
30. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy Draft Methodology for Aiding Repository Siting Decisions (October 1985).
31. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy to Review the Application of the Methodology for Aiding Repository Siting Decisions (April 1986).
32. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy Draft Mission Plan (November 1984).
33. Scientific Basis for Risk Assessment and Management of Uranium Mill Tailings (January 1987).
34. Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal -A Position Statement of the Board on Radioactive Waste Management (1990).
35. Groundwater at Yucca Mountain: How High Can It Rise? — Final Report of the Panel on Coupled Hydrologic/Tectonic/Hydrothermal Systems at Yucca Mountain (April 1992).
36. Ward Valley An Examination of Seven Issues in Earth Sciences and Ecology (May 1995).
37. Technical Bases for Yucca Mountain Standards (August 1995).
38. BRWM Letter Report on the U.S. Department of Energy Pre-decisional Draft II of the Environmental Restoration and Waste Management Five Year Plan (August 1989).
39. BRWM Letter Report of Review Comments on DOE's Applied Research. Development, Demonstration, Testing, and Evaluation Plan (March 1990).
40. HSST/BTRU-INEL Panels Letter Report of Review Comments on the Department of Energy's Intent to Prepare a Programmatic Environmental Impact Statement on the Department's Proposed Integrated Environmental Restoration and Waste Management Program (February 1991).
41. Safety of the High-Level Uranium Ore Residues at the Niagara Falls Storage Site, Lewiston, New York (December 1995).
42. The Potential Role of Containment-in-Place in an Integrated Approach to the Hanford Reservation Site Environmental Remediation (February 1996).
43. Environmental Management Technology — Development Program at the Department of Energy — 1995 Review (April 1996).
44. Barriers to Science: Technical Management of the Department of Energy Environmental Remediation Program (January 1996).
45. Nuclear Wastes: Technologies for Separations and Transmutation (March 1996).
46. The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (1972).
47. Considerations of Health Benefit-Cost Analysis for Activities Involving Ionizing Radiation Exposure and Alternatives: A Report (1977).
48. Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters (1988).
49. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (1990).
50. Health Effects of Exposure to Radon Time for Reassessment (1994).
51. The Nuclear Weapons Complex: Management for Health. Safety, and the Environment (1989).
52. Safety Issues and Defense Production Reactors (1987).
53. Building Consensus Through Risk Assessment and Management of the Department of Energy's Environmental Remediation Program (1994).

ОТРАЖЕНИЕ В РОССИЙСКИХ СРЕДСТВАХ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРОБЛЕМ ЯДЕРНОГО КОМПЛЕКСА «МАЯК» И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИНИМАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ*

Новиков В.М., Сегершталь Б., Попов В.К., Князькая Н.В.

Представлены результаты систематизации и анализа публикаций в российских средствах массовой информации, посвященных проблемам полувекового функционирования Производственного объединения «Маяк» — первого советского ядерного промышленного комплекса по производству оружейного плутония. Работа выполнена в рамках международного проекта «Mayak Case Study», осуществляемого Международным Институтом прикладного системного анализа.

Выделено три основных периода, каждый из которых характеризуется определенным набором социальных и институциональных проблем, на которых было сконцентрировано внимание средств массовой информации, сыгравших активную роль в разрешении этих проблем. Показано, что многие организационные решения и законодательные акты, касающиеся проблем «Маяка», находятся в тесной связи с выступлениями прессы и, по крайней мере, частично инициированы этими выступлениями. Выделены и обсуждаются совпадения и различия в содержании публикаций центральных и региональных средств массовой информации.

ВВЕДЕНИЕ

Само существование этого крупнейшего ядерного промышленного комплекса в Челябинской области, примерно в 70 км к северу от областного центра в районе Кыштымско-Каслинских озер, создание которого началось еще в 1945 году, так же как и построенного рядом города с почти стотысячным населением, на протяжении нескольких десятилетий было государственной тайной. Этот комплекс, вначале именовавшийся «базой 10», затем комбинатом № 817, а в настоящее время известный под названием Производственное объединение (ПО) «Маяк», и город с почтовым адресом Челябинск-40, затем — Челябинск-65,

* Авторская версия перевода

в настоящее время — Озерск, никогда не упоминались в каких-либо центральных или местных средствах массовой информации. Все, что происходило в этой закрытой зоне, было окружено плотным покровом секретности, хотя производственная деятельность комбината в течение многих лет оказывала опасное воздействие на условия существования людей и окружающую природу на обширной территории Южно-Уральского региона.

Решительные перемены, которые произошли в мире после окончания «холодной войны», сделали возможным проведение в рамках глобального проекта Международного института прикладного системного анализа (МИПСА) «Радиационная безопасность биосферы» специального исследования проблем «Маяка» — Mayak Case Study, имеющего своей целью:

- оценку радиационной опасности для населения и окружающей среды со стороны таких объектов, как озеро Карачай, река Теча и каскад водохранилищ в верховьях этой реки;
- анализ возможных технических и организационных решений по устранению этих опасностей и определение принципов, на основе которых можно сравнивать различные варианты с точки зрения необходимых затрат;
- изучение институциональных процессов, протекающих в настоящее время в России и связанных с принятием решений по обращению с радиоактивными отходами и устранению радиоактивного загрязнения территорий вокруг «Маяка», а также — возможных механизмов совершенствования этих процессов, включая более активное и заинтересованное участие властных структур разного уровня и широкой общественности.

Имея в виду последнюю из обозначенных выше целей, нами был выполнен анализ материалов по проблемам «Маяка», опубликованных в российских средствах массовой информации. В настоящем докладе представлены некоторые результаты этой работы, обсуждаются возможные взаимосвязи между выступлениями прессы и принимаемыми решениями.

ДИСКУССИЯ ВОКРУГ ПРОБЛЕМ «МАЯКА» В СРЕДСТВАХ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ: ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ

Чернобыльская катастрофа (1986) и радикальные политические перемены, начавшиеся в бывшем Советском Союзе в 1989 г., привели не только к снятию завесы секретности вокруг атомной промышленности, но и к резкой перемене отношения к ней со стороны общественности.

Развитие ядерной промышленности в бывшем СССР, как и в других ведущих ядерных державах, начиналось с решения технологических проблем создания ядерного оружия. И этот процесс мог успешно осуществляться только при всемерном содействии со стороны государственной власти. Достижение ядерного паритета с США давало все основания для того, чтобы широкая общественность страны могла испытывать чувство гордости за отечественную атомную науку и атомную индустрию. Все это способствовало поддержанию

в общественном сознании полной убежденности в безопасности советских ядерных объектов для здоровья населения и окружающей среды. Высокий авторитет советской атомной науки и промышленности в массовом сознании естественным образом распространялся и на отечественную ядерную энергетику, развитие которой опиралось на созданную в стране мощную ядерно-промышленную инфраструктуру и наиболее интенсивно происходило в 70-е и в первой половине 80-х гг.

Этому вполне соответствовало почтительное отношение прессы к ученым-атомщикам. Мнение о высокой экономической эффективности, экологической чистоте и полной безопасности ядерной индустрии и ядерной энергетики разделялось подавляющим большинством населения. Существовавшая в стране система предварительной цензуры со стороны правительственных органов всех публикаций в области использования атомной энергии была направлена не только на сохранение секретных сведений в области ядерной технологии, но также имела задачу оградить публику от влияния неквалифицированного мнения. Порядок, при котором любая публикация в широкой печати, затрагивающая вопросы разработки, строительства, эксплуатации и развития объектов атомной энергетики и промышленности, их экологической чистоты, безопасности и экономичности, должна была пройти предварительную экспертизу специалистов и получить разрешение соответствующего правительственного ведомства, приводила к тому, что практически по всем этим вопросам в широкой печати выступали только высокопоставленные правительственные чиновники или ученые (в основном — директора институтов-разработчиков той или иной научной, технологической или конструкторской задачи). И хотя внутри самого профессионального сообщества ядерщиков, естественно, существовали самые различные мнения по поводу путей развития ядерной энергетики и ядерной технологии, оценки реального уровня безопасности ядерных объектов, стратегии их размещения, в существовавших условиях мало кому из специалистов приходило в голову вынести свои разногласия или сомнения на открытое для широкой общественности обсуждение.

Тем большим шоком оказалась в этих условиях авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 года. В период с 1986 по 1988 год ядерная проблематика затрагивалась в советских средствах массовой информации только в связи с событиями вокруг Чернобыля.

Ситуация решительно изменилась в 1989 году, что явно коррелирует с беспрецедентной по уровню политической активности населения избирательной кампанией по выборам народных депутатов СССР. При этом значительно возросло не только количество публикаций, но и заметно расширился круг затрагиваемых проблем. Стали появляться публикации не только о радиоактивном загрязнении территорий в результате чернобыльской аварии, но и вследствие других радиационных катастроф, а также — ядерных взрывов, как в военных, так и в мирных целях, и по причине неудовлетворительной эксплуатации отдельных ядерных объектов, особенно на ранней стадии их деятельности.

2.1. Период 1989-1991 гг. Первое сообщение, имеющее прямое отношение к деятельности ПО «Маяк», хотя и не содержащее его открытого наименования, появилось в прессе 16 июня 1989 года в опубликованном газетой «Челябинский рабочий» репортаже о пресс-конференции в Челябинске [1], в которой приняли участие первый заместитель Министра среднего машиностроения СССР Б.В. Никипелов, заместитель директора Института биофизики Академии медицинских наук СССР Л.А. Булдаков, директор строящейся Южно-Уральской АЭС Ю.Е. Тарасов.

Б.В. Никипелов сообщил, что в соответствии с решением XXVII съезда КПСС, между Кыштымом и Каслями началось строительство Южно-Уральской атомной электростанции с реакторами на быстрых нейтронах, и выразил убеждение, что эта, относительно дорогостоящая, станция обладает наибольшей безопасностью. Далее он сообщил, что в 1957 году на закрытом предприятии в Каслях произошел химический взрыв, в результате чего разрушилась емкость, в которой на длительном хранении находились радиоактивные отходы. От выпадения радиоактивных продуктов образовался шлейф длиной 105 и шириной 8-9 км. При аварии никто не погиб, в регионе лучевой болезни зарегистрировано не было. Переселено 10,2 тысячи человек. Возвращено к хозяйственной деятельности к 1978 г. 80 % территории, на остальной части создан заповедник. Экономический ущерб составил 200 млн. рублей. Отвечая на вопрос о выборе места для сооружения Южно-Уральской АЭС, Б.В. Никипелов сказал, что выбор этот не случаен. После 1957 года некоторые водоемы действительно загрязнены. Но АЭС, забирая из них воду, испаряя ее, будет их чистить. Кроме того, здесь есть хорошие специалисты, которые способны обеспечить четкую работу станции. Газета отмечает негативную реакцию на заявление Б.В. Никипелова большинства присутствующих на пресс-конференции, которые сочли признание ведомством самого факта аварии 1957 года запоздалым и недостаточным, а принятие решения о сооружении АЭС не вполне обоснованным и не учитывающим мнение жителей региона. Была подчеркнута необходимость проведения независимой экспертизы безопасности станции и референдума по поводу целесообразности ее строительства.

Эта пресс-конференция положила начало дискуссии по всему комплексу экологических, социальных, экономических проблем региона, в которую оказались вовлеченными и широкие круги общественности, и представители центральных и местных властей, и профессионалы — специалисты в области ядерной энергетики и технологии, радиационной экологии, медицины и др. В фокусе дискуссии оказалась деятельность Производственного объединения «Маяк». С самого начала обозначились два основных направления этой дискуссии:

1. Последствия многолетней деятельности ПО «Маяк» для населения региона и окружающей среды, включая такие проблемы, как радиоактивное загрязнение речной системы Теча-Исеть-Тобол, близлежащих открытых водоемов и грунтовых вод, радиоактивное загрязнение территории региона в результате аварийного выброса 1957 года, переоблучение персонала предприятия и населения, охрана здоровья и социальная защита пострадавших, реабилитация и рекультивация загрязненных земель.

2. Проблема конверсии деятельности ПО «Маяк» в связи с сокращением производства стратегических ядерных материалов и закрытием ряда промышленных объектов предприятия. Одна из предлагаемых мер конверсии — сооружение Южно-Уральской АЭС с привлечением для ее создания и обслуживания значительной части высвобождающихся работников комбината — вызвала и продолжает вызывать наиболее острые споры.

Одной из первых публикаций центральной прессы, рассказывающих о прошлом и настоящем Плутониевого комбината в закрытом ранее городе Челябинск-40, была опубликованная в «Правде» статья ее корреспондента В. Черткова [2]. В статье обсуждаются и проблемы трудоустройства людей, высвобождающихся в результате сокращения военного производства: 4000 специалистов предполагалось перевести на строящуюся Южно-Уральскую АЭС, однако из-за протестов общественности строительство ее было приостановлено, а будущее этих людей стало неопределенным. Еще одна тема статьи В. Черткова — авария 1957 года. Этой теме летом 1989 г. после обсуждения ее на первой сессии Верховного Совета СССР уделили внимание многие газеты [3-7]. Во всех публикациях, рассматривающих причины и последствия Кыштымской аварии, меры, принятые с целью ее ликвидации, проводится ее сопоставление с катастрофой в Чернобыле. Согласно официальным данным, никакого влияния аварии на состояние здоровья, на повышение смертности населения не обнаружено. Однако жители пораженной зоны в беседе с журналистами «Комсомольской правды» [4] высказали прямо противоположное мнение. И это очень напоминало ситуацию, сложившуюся в районах, пострадавших от Чернобыльской аварии. Почти во всех публикациях выражается мысль о том, что если бы сведения о Кыштымской аварии были преданы гласности раньше, то многих неприятностей в чернобыльской истории можно было бы избежать. Наиболее глубокий анализ содержит статья В. Губарева [5]. Если в основе Чернобыльской аварии, по мнению автора, лежат вопиющее невежество и халатность, то в Уральской катастрофе все-таки на первом месте — плата за незнание.

Завершение в конце июня 1989 г. работы экспертной комиссии по проектным решениям Южно-Уральской АЭС и принятое ею заключение о возможности строительства станции вызвали новую серию выступлений как сторонников, так и противников АЭС [8-10]. При этом аргументы сторонников АЭС (главным образом, ученых и специалистов) — решение проблем трудоустройства работников комбината, устранение дефицита электроэнергии на Южном Урале, очистка водоемов от радионуклидов и т.д. — встречают решительные контрдоводы: опасность накопления больших количеств плутония, недостаточная проработка вопросов обращения с радиоактивными отходами и т.п. Нельзя не отметить высокую активность противников АЭС, от имени которых все чаще выступают представители местных общественных движений, возникших в ходе избирательной кампании весной 1989 г. Противники АЭС добиваются проведения все новых экспертиз, обсуждений, требуют проведения референдума.

На научно-практической конференции, состоявшейся в октябре 1989 г. в Челябинске, глубоко аргументированные выступления известных ученых не

встретили понимания оппонентов, которые противопоставили им эмоциональные, хлесткие обвинения и упреки [11-13]. В последние месяцы 1989 г. и первые месяцы 1990 г. тема строительства Южно-Уральской АЭС не сходит со страниц центральной и местной прессы [14-22]. Руководство региона добивается ясности в вопросе о выделении средств на строительство, на связанное с ним решение социальных проблем населения, а также — на компенсацию ущерба области от аварии 1957 года: государство готово отдать области полтора миллиарда рублей, а после сооружения АЭС предоставить 50-процентную скидку на оплату электроэнергии в 30-километровой зоне [15]. В свою очередь общественные движения «Родина» и Народный фронт поставили перед собой цель собрать 2 миллиона подписей против строительства Южно-Уральской АЭС [18].

Не менее остро звучит в этот период и тема последствий радиоактивного загрязнения региона [23-26]. Руководство области обращается к Председателю Совета Министров СССР и в Центральный Комитет КПСС с просьбой провести оценку экологической ситуации в регионе и возможных путей решения проблемы [26]. В то же время выпускаемый массовым тиражом научно-популярный журнал «Природа» публикует серию статей о Кыштымской радиационной аварии 1957 года, подготовленных специалистами и впервые представляющих широкой общественности подробную и доступную информацию об этом событии и его последствиях [27-33].

Активизации дискуссии вокруг «Маяка» способствует начало избирательной кампании

1990 г. по выборам народных депутатов Российской Федерации и местных советов. В ход начинают идти, наряду с экологическими и экономическими, также и политические аргументы [20-22]. В Челябинской области создается Ассоциация «зеленых», в программе действий которой — организация комитета по защите лиц, пострадавших от Кыштымской аварии 1957 г., проведение экологических шествий и митингов, подготовка «круглого стола» по проблемам загрязнения водоемов вокруг «Маяка» и создание партии «зеленых» [34].

Проблемы военного и мирного атома на Южном Урале не сходят со страниц центральных российских изданий [35-39]. Газета «Труд» публикует статью о радиационных последствиях аварии 1957 г. и радиоактивном загрязнении реки Теча [35]. Автор статьи, принимавший участие в работе экспедиции по радиоэкологическому обследованию региона, предлагает разработать общегосударственную программу «оздоровления» пострадавших территорий. Журнал «Новое время» публикует статью, в которой представлен объективный взгляд на проблемы, связанные с конверсией военного производства на «Маяке», отмечен высокий профессиональный уровень работающих здесь специалистов [39]. В статье подчеркивается, что за 40 с лишним лет эксплуатации производственных ядерных реакторов комбината на них не было ни одной серьезной аварии, хотя реакторы эти — чернобыльского типа.

Заключение о надежности и безопасности реактора другого типа — на быстрых нейтронах — БН-800, который предполагается соорудить на Южно-Уральской АЭС, было сделано комиссией Академии наук СССР, завершившей свою работу в мае 1990 г. Выводы и рекомендации этой комиссии опубликовала

газета «Челябинский рабочий» [40]. В сентябре 1990 г. завершилась работа и другой комиссии Академии наук СССР (ее возглавлял академик В.А. Большаков) по оценке экологической ситуации в районе деятельности ПО «Маяк». Работу этой комиссии в газете «Челябинский рабочий» комментирует депутат областного совета, заместитель председателя комиссии совета по экологии, координатор общественного движения «Ядерная безопасность» Н. Миронова [41]. Хотя комиссия сумела добиться снятия грифа секретности с материалов, касающихся здоровья населения на загрязненных радионуклидами территориях, даже ей было отказано в предоставлении материалов экспедиции, проведенной в районе реки Теча под руководством академика А.П. Александрова в 1953 году по свежим следам трехлетних (1949-1952) технологических сбросов в открытые водоемы. Еще одна проблема, которая была поставлена в процессе работы комиссии — поиски ликвидаторов последствий Кыштымской аварии 1957 года.

1 июля 1990 г. под давлением «зеленых» и ряда челябинских организаций были рассекречены данные о радиационных загрязнениях, к которым привела более чем 40-летняя деятельность комбината «Маяк». Руководство комбината открывает двери прежде строго засекреченных объектов перед корреспондентами, получившими возможность познакомиться с сегодняшним положением дел на «Маяке» [42-43].

Подробную информацию о радиационной обстановке в зоне деятельности ПО «Маяк» публикует свердловская областная газета «Уральский рабочий» [44]. Этой же проблеме и вопросу о ее дальнейшем изучении посвящена публикация газеты «Радикал», рассказывающая о работе экспертной экологической комиссии при Госплане СССР, рассмотревшей ситуацию в Челябинской области [45]. По мнению члена комиссии Э. Парецкой, эта ситуация намного серьезнее, чем чернобыльская, так как она развивалась в течение четырех десятилетий. Для улучшения экологической обстановки в регионе нужно построить Южно-Уральскую АЭС — такой вывод сделали члены комиссии. Выводы и рекомендации авторитетной комиссии послужили основанием для принятия сессией Челябинского областного совета в декабре 1990 г. решения о строительстве Южно-Уральской АЭС. Однако, в связи с негативной реакцией части населения, представленной активистами движения «зеленых», на это решение, было намечено провести в начале марта 1991 года референдум по вопросу о строительстве АЭС и о захоронении на территории Челябинской области радиоактивных отходов из других республик СССР и зарубежных государств [46-48].

В 1991 году общее число публикаций по проблемам «Маяка» в российской прессе (особенно в центральной) заметно снижается, однако не снижается накал эмоций вокруг обсуждаемых проблем, напротив: усиливается поляризация мнений, в выступлениях участников дискуссии становится больше политических мотивов. Это, очевидно, коррелирует с теми процессами, которые в то время происходили в советском обществе: нарастающими экономическими трудностями, набирающим силу процессом распада Советского Союза. В опубликованной «Известиями» статье о проблемах советской атомной энергетики указывается на наметившиеся под влиянием энергетического голода перемены в

отношении общественности страны к строительству атомных электростанций. А также — на то, что дефицит электроэнергии на Южном Урале должен способствовать положительному решению о строительстве Южно-Уральской АЭС [49].

Обеспокоенность общественности в связи с неблагополучной экологической обстановкой встречает понимание центральных властей: 3 января 1991 г. выходит Распоряжение Президента СССР М.С. Горбачева «Об изучении экологической ситуации в Челябинской области», в соответствии с которой комиссия, составленная из авторитетных ученых и специалистов, должна в трехмесячный срок подготовить заключение по экологической и радиационной обстановке в регионе [50].

Однако накануне референдума в Челябинске голоса противников Южно-Уральской АЭС звучат весьма решительно. Так профессор Челябинского медицинского института В. Пирогов, народный депутат областного совета, призывает: «Строительство Южно-Уральской АЭС допустить нельзя! Надо приостановить гибель области» [51]. Один из ведущих специалистов филиала Института биофизики в Челябинской области М.М. Косенко в беседе с корреспондентом газеты «Челябинский рабочий» М. Фонотовым рисует довольно мрачную картину радиоэкологической обстановки в зоне деятельности «Маяка», приводит данные о заболеваемости персонала комбината и населения близлежащих районов, обусловленной воздействием избыточного облучения [52]. Другой специалист, кандидат технических наук М. Щапин, категорически выступает против строительства Южно-Уральской АЭС, несмотря на обострившийся дефицит электроэнергии в регионе [53]. Его главный аргумент — недоверие атомному ведомству, выступающему инициатором сооружения АЭС, сомнение в его способности справиться с новой, очень сложной и ответственной технологией.

Кульминацией кампании противников АЭС стал митинг, организованный в Челябинске Ассоциацией «зеленых» накануне референдума [54]. Итоги референдума, как и можно было ожидать, оказались не в пользу строительства Южно-Уральской АЭС: из 582,8 тысяч принявших участие в голосовании жителей города Челябинска (73,7 % от числа зарегистрированных) за сооружение АЭС высказались 21,86 %, против — 75,69 %. На другой вопрос референдума — о целесообразности захоронения на территории Челябинской области радиоактивных отходов из других республик СССР и зарубежных государств — дали положительный ответ 12,99 % голосовавших, против высказались — 84,32 % [55]. Хотя референдум и не имел силы правового акта, он позволил четко выявить настроение большей части населения. В последующие месяцы накал страстей вокруг «Маяка» несколько спал.

В публикациях о событиях до августа 1991 г. снова нашли отражение вопросы, касающиеся радиологических последствий 40-летней деятельности комбината [56], требование о полном снятии секретности со всех данных о профессиональном облучении его работников, прозвучавшее на 1-м Международном конгрессе памяти А.Д. Сахарова (Москва, 21-25 мая 1991 г.) [57], критика планов конверсии военного производства на «Маяке», особенно в той части, которая касается переработки отработавшего топлива гражданских атомных электростанций и обращения с радиоактивными отходами [58]. На этом,

довольно мрачном фоне выделяется лишь репортаж о посещении комбината «Маяк» делегацией специалистов Комиссариата по атомной энергии Франции [59]. Гости достаточно высоко оценили уровень технологий, используемых на «Маяке», и высказали пожелание развивать двустороннее сотрудничество, а также — уверенность в хороших перспективах развития атомной энергетики в будущем.

Последние месяцы 1991 г. — период окончательного распада СССР и становления суверенного российского государства — принесли определенные надежды на улучшение экологической ситуации и решение социальных проблем региона. Газеты публикуют Распоряжение Президента РФ Б.Н. Ельцина от 10 сентября 1991 г. «О мерах по ликвидации последствий радиоактивного загрязнения в результате деятельности ПО «Маяк» Минатомэнергопрома СССР и защите населения от его воздействия» [60]. Президент поручает Правительству подготовить:

— предложения об объявлении пострадавших в результате деятельности ПО «Маяк» районов Челябинской, Курганской и Свердловской областей зоной экологического бедствия;
— проект Государственной программы России по радиационной реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению на 1991-1995 годы.

В конце ноября 1991 г. публикуется проект закона «О социальной защите граждан, пострадавших от радиационного воздействия на Восточно-Уральской территории радиоактивного загрязнения » [61].

2.2. Период 1992-1993 гг. Во многих публикациях 1992 г. приводятся подробные и хорошо систематизированные сведения о радиационной обстановке вокруг комбината «Маяк», данные о заболеваниях персонала и населения, вызванных воздействием радиации, отражается стремление лучше разобраться в сложившейся ситуации, найти эффективные пути конверсии военного производства и дальнейшего развития комбината, решения экологических и социальных проблем региона. Можно отметить, например, предложение группы специалистов Минатома России и комбината «Маяк» создать Международный экологический центр на базе этого старейшего ядерного предприятия, где накоплен огромный опыт, не имеющий аналогов в мире [63], две публикации в областной газете, в одной из которых речь идет о перспективах развития на «Маяке» радиохимического производства по переработке отработавшего топлива АЭС [64], а в другой — об освоенной специалистами комбината перспективной технологии остекловывания радиоактивных отходов [65], посвященную тем же технологическим аспектам деятельности «Маяка» статью в «Рабочей трибуне» [66], а также большую подборку материалов по проблемам «Маяка» в газете «Челябинский рабочий» от 25 апреля 1992 г. [67]. В этой подборке и размышления директора «Маяка» В. Фетисова о том, как комбинат намерен решать проблемы озера Карачай, реки Теча, переработки жидких радиоактивных отходов, и беседа с научным сотрудником филиала Института биофизики в Челябинске-65 Н. Кошурниковой о медицинских последствиях облучения персонала и жителей прилегающих районов,

и документальные материалы из рассекреченных архивов об отселении пострадавших от радиации жителей некоторых деревень в верхнем течении реки Теча. Проблемам медицинской и социальной реабилитации населения, проживающего по берегам реки Теча и в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа, посвящены и две другие публикации областной газеты [68-69], а «Российская газета», рассказывая о судьбе одного из участников ликвидации последствий Кыштымской аварии 1957 г., не только привлекает внимание к проблеме тысяч оставшихся в живых «ликвидаторов» этой аварии, но и указывает на одну из причин, затрудняющих решение этой проблемы — фактическое отсутствие в стране атомного законодательства [70]. Последнее обстоятельство было отмечено ранее сессией Совета народных депутатов закрытого города Челябинск-65, которая обратилась в Верховный Совет Российской Федерации с требованием ускорить принятие законов о статусе закрытых городов и о социальной защите граждан, пострадавших от воздействия радиации при авариях на ядерных объектах [71]. Депутаты потребовали также принятия государственных программ: по реабилитации Уральского региона и оказанию помощи пострадавшему населению; по конверсии ядерного военного производства; по обращению с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом. Важным событием 1992 г. стала проводившаяся в мае в Челябинске первая международная экологическая конференция «Последствия развития ядерного комплекса на Урале», организованная по инициативе неправительственных организаций — Социально-экологического союза и Центра советско-американских инициатив [72-74]. На конференции подробно рассматривались вопросы истории развития Южно-Уральского ядерного комплекса, причины и последствия произошедших здесь крупных радиационных катастроф, проблемы экологической и социальной реабилитации.

Конверсия, реабилитация загрязненных земель — эти проблемы по-прежнему остаются в центре внимания общественности региона. Годовщину проведения референдума в Челябинске о судьбе Южно-Уральской АЭС Демократическая партия «зеленых» и движение «Ядерная безопасность» решили отметить проведением областного референдума с теми же вопросами по почте [75]. К концу апреля было получено более 10 тысяч подписей против строительства АЭС и захоронения «чужих» радиоактивных отходов. Об активных выступлениях общественности против захоронения на территории «Маяка» ядерных отходов от переработки топлива российских и зарубежных АЭС сообщают корреспонденты и ряда центральных газет [76-79]. Протесты общественности стали главной причиной задержки возобновления строительства Южно-Уральской АЭС, несмотря на распоряжение, подписанное в конце марта 1992 г. первым вице-премьером России Е. Гайдаром [73].

Отметим еще две статьи по проблемам «Маяка», опубликованные в конце 1992 г: воспоминания ученого-медика, работавшего на комбинате в 50-е годы и предостерегающего от радиофобии [80], а также — статью, в которой речь идет о проекте Государственной программы реабилитации загрязненных территорий Уральского региона на срок до 1995 г. [81]. Автор резко критикует проект программы, отмечая, что он не учитывает интересов населения пострадавших

областей. В сентябре 1993 г. Малый Совет Челябинского областного Совета принял решение о возобновлении строительства Южно-Уральской АЭС [82], за чем последовал новый всплеск выступлений сторонников и противников строительства станции [83-88]. Продолжалась и дискуссия вокруг проблемы переработки отработавшего ядерного топлива и захоронения радиоактивных отходов на территории Челябинской области [89-95]. Суть этой дискуссии раскрыта в статье корреспондента «Российской газеты» А. Усольцева [89]. Он пишет о том, что на территории ПО «Маяк» сконцентрировано более 500 тыс. тонн твердых радиоактивных отходов и около 400 миллионов кубометров жидких с суммарной активностью более 1 миллиарда кюри. В Челябинскую область везут отработавшее ядерное топливо атомных электростанций России, ближнего зарубежья и стран Восточной Европы, а также — отработавшее топливо атомных подводных лодок. Население области высказало к этому свое отношение, проголосовав на референдуме против захоронения радиоактивных отходов на ее территории. Тем не менее, Челябинский областной Совет принял «Временное положение по правовому регулированию вопросов ввоза на территорию области ядерных материалов, ядерных установок, источников ионизирующих излучений, радиоактивных отходов, радиоактивных веществ естественного и искусственного происхождения, их использованию и хранению на территории области» [91].

Очень большое количество материалов центральной и местной прессы посвящено теме радиоактивного загрязнения территории Южно-Уральского региона и его последствий [96-106]. В них приводятся разнообразные данные об уровнях радиоактивного загрязнения региона и его изменениях на протяжении более чем 40 лет, о состоянии здоровья населения и персонала комбината. И. Ларин в статье, посвященной истории и современному положению ПО «Маяк», приводит следующие цифры: в первые 5 лет после пуска комплекса дневные дозы облучения многих сотрудников (до 85 тысяч человек) доходили до 12 бэр. За этот период многими из них получены суммарные дозы в 200, 400 и даже 600 бэр. Население, проживающее в пойме рек Течи, Исети, Тобола (почти 130 тысяч человек) пользовалось речной водой, не подозревая о ее сильном радиоактивном загрязнении (в то время концентрация радионуклидов цезия-137 и стронция-90 превышала допустимые уровни в сотни и даже тысячи раз). В результате взрыва емкости с жидкими радиоактивными отходами в 1957 году примерно 2 миллиона кюри из общего количества 20 миллионов кюри выброшенной взрывом активности накрыли территорию 23 тысячи км^2 с населением около 270 тысяч человек.

В публикациях региональной прессы особое внимание уделяется состоянию здоровья населения, подвергшегося радиоактивному облучению, прежде всего тех, кто проживал и проживает в бассейне реки Теча. В статье «Экология — залог здоровья» [100] говорится о том, что представители Совета Федерации профсоюзов в Челябинской области в сентябре 1992 г. сделали замеры загрязнения в произвольно взятых точках (в частности, в районе села Муслюмово на реке Тече). Данные замеров в сотни раз превысили допустимые дозы гамма-излучения, причем в местах, где делались

замеры, имеется свободный доступ к пойме реки, нет знаков, предупреждающих о радиационной опасности. Следует подчеркнуть, что проблемы, связанные с жителями села Муслюмово, поднимаются во многих статьях. После аварии 1957 г. были выселены жители ряда сел, находящихся в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа и в пойме реки Теча, однако село Муслюмово оставили. «Так начался, — пишет Г. Кабиров, — преступный эксперимент, который продолжается и по сей день» [101]. О том, как живут в селе Муслюмово в настоящее время, речь идет и в статьях М. Фонотова [102, 104]. Несмотря на то, что сейчас радиация в реке Теча уменьшилась, река все еще продолжает хранить нуклиды. Однако жители села плохо соблюдают имеющиеся запреты на пользование речной водой. М. Фонотов приводит дозы облучения, полученные ими в 1992 г. В беседе с корреспондентом Уральской экологической газеты «Зеленый лист» Н. Миронова, один из лидеров местных «зеленых», отметила, что последствия аварии 1957 г. до сих пор сказываются на здоровье жителей области и их детей [103]. Область прочно удерживает лидерство в Уральском регионе по детской смертности. «Демократическая партия «зеленых», — сказала Н. Миронова, — ставит перед правительством России вопрос о необходимости независимой экологической экспертизы зоны радиационного воздействия военно-промышленного комплекса в Челябинской области».

Для нормализации жизни и здоровья пострадавшего от радиации населения Урала 20 мая 1993 г. Верховным Советом РФ были приняты два важных документа: Закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 г. на ПО »Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча» и Государственная программа радиационной реабилитации Уральского региона. О содержании и, особенно, реализации этих документов в практической жизни идет речь во многих публикациях 1993 г. и последующего периода [107-119].

2.3. Период 1994-1995 гг. Не утратила своей остроты проблема ввоза на территорию области отработавших ядерных материалов и радиоактивных отходов. Челябинский областной Совет принял решение о введении платы за ввоз в область ядерных материалов и отходов, с тем чтобы эти деньги направить на реабилитацию здоровья пострадавшего от радиации населения. Тем не менее, часть населения выступает и против такого решения вопроса. Так, например, после того, как 4 мая 1994 г. на ПО «Маяк» была доставлена очередная партия отработавшего ядерного топлива, экологическая организация «Движение за ядерную безопасность» в знак протеста провела пикетирование у здания администрации [94].

Принимая Государственную программу радиационной реабилитации Уральского региона, Верховный Совет РФ обязал правительство осуществить первоочередное финансирование неотложных мероприятий, предусмотренных этой программой и связанных с медицинским и социальным обеспечением населения, пострадавшего от радиационного воздействия [107]. Однако, как следует из публикации [120], деньги из федерального бюджета в Челябинскую область поступали далеко не в полном объеме. Кроме того, председатель Челябинской

областной ассоциации по защите пострадавших от радиации «Кыштым-57» Л.В. Коротова отметила, что и выделенные деньги распределялись нецеленаправленно, без участия профсоюзов и должной гласности [108]. В связи с недостатками в выполнении этой программы Президент РФ Б.Н. Ельцин в августе 1994 г. издал распоряжение, обязывающее соответствующие органы осуществлять первоочередное финансирование мероприятий, предусмотренных в программе, установить контроль над целевым использованием бюджетных средств, принять меры по улучшению организации медицинского обслуживания населения [109].

Для реализации Закона «О социальной защите...», принятого Верховным Советом РФ 20 мая 1994 г., в Челябинской области были организованы специальный отдел социальной защиты граждан, подвергшихся воздействию радиации, и областная комиссия по рассмотрению вопросов, возникающих у населения в связи с новым законом. Администрация области приняла постановление, предусматривающее меры по реализации Закона, утвердила «Положение о порядке оформления и выдачи справок и удостоверений на право получения компенсаций и льгот» [115].

Несмотря на обилие административных мероприятий по реализации нового Закона, практическая сторона дела заметно отставала. О причинах этого говорится в ряде публикаций региональной прессы [113,114,117,118]. Среди них и чиновничий произвол, и неразбериха, и несогласованность нового Закона с ранее принятыми законодательными документами. Главная же причина, как отметил журналист М. Фонотов [114], заключается в неготовности властей, и московских, и челябинских, к реализации этого Закона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В потоке российской прессы за 1989-1994 гг. сотни публикаций так или иначе касаются деятельности ПО «Маяк», радиационной и социально-экономической ситуации в Южно-Уральском регионе. Наше внимание при работе над настоящим обзором привлекли более 150 статей, опубликованных в центральных и местных изданиях, из которых 120 были использованы и отражены в пристатейной библиографии.

Несмотря на некоторую неравномерность потока публикаций во времени, можно вполне определенно утверждать, что отражаемый средствами массовой информации интерес российской общественности и, прежде всего, общественности Челябинской области к проблемам «Маяка» на протяжении всех этих лет остается стабильным. А некоторое снижение числа публикаций в центральной прессе к концу указанного периода может быть объяснено отнюдь не уменьшением остроты существующих проблем, а скорее отсутствием новых подходов к их решению, что как бы отодвигает их на второй план в общероссийском масштабе на фоне других многочисленных актуальных проблем, привлекающих внимание общественности.

Можно выделить два основных направления дискуссии, развернувшейся в российской прессе вокруг проблем «Маяка»:

— последствия многолетней деятельности ПО «Маяк» для населения и окружающей среды, включая радиоактивное загрязнение речной системы Теча-Исеть-Тобол, близлежащих открытых водоемов и грунтовых вод, радиоактивное загрязнение территории региона в результате аварийного выброса 1957 г. (т.н. Кыштымская авария и вызванный ею Восточно-Уральский радиоактивный след), переоблучение персонала предприятия и населения;
— проблемы социальной и экологической реабилитации, выработки стратегии будущего развития предприятия и региона, включая вопросы охраны здоровья и социальной защиты пострадавшего населения, рекультивации загрязненных земель, конверсии военного производства, в том числе сооружения Южно-Уральской АЭС, а также — реализации законодательных актов по социальной защите населения.

2. Благодаря выступлениям в печати руководителей и работников комбината «Маяк», представителей атомного ведомства и местных властей, ученых разных специальностей из Москвы, Санкт-Петербурга, Челябинска и других городов, достоянием общественности стала подробная информация о радиационной обстановке, сложившейся вокруг «Маяка» в результате его почти полувековой деятельности, в том числе — о причинах и последствиях произошедших здесь радиационных катастроф, об уровнях облучения и связанной с ним заболеваемостью персонала комбината и населения окружающих районов. Это позволяет вести более конкретное и аргументированное обсуждение вопросов экологического возрождения территорий и социальной реабилитации населения.

3. Следует отметить активную роль средств массовой информации в обсуждении проблем ядерного законодательства, особенно в части, касающейся социальной защиты граждан и экологической реабилитации территорий, пострадавших в результате ядерных катастроф. Публикации прессы инициировали проведение изучения радиационно-экологической обстановки на Южном Урале рядом центральных и региональных комиссий. Не будет преувеличением утверждение, что именно активные выступления общественности в средствах массовой информации в значительной степени способствовали принятию целого ряда важных законодательных актов и нормативных документов.

4. Следует отметить определенные различия в характере публикаций центральной и местной печати. Как правило, публикации центральной прессы более сбалансированы, в меньшей степени связаны с политикой и стремятся рассматривать проблемы региона в долгосрочной перспективе. Выступления местной прессы нередко носят эмоциональный характер, политически окрашены, особенно во время проведения избирательных кампаний, и преимущественно нацелены на обсуждение текущих проблем.

5. Дискуссия в российской печати по всему комплексу проблем «Маяка» продолжается. Было бы преждевременно подводить ее итоги, поскольку большая часть этих проблем еще не нашла своего решения. Правда, принят целый ряд необходимых для этого законодательных и нормативных документов. Однако существует ряд трудностей объективного и субъективного характера на пути их реализации (это нашло свое отражение в публикациях последнего периода). С трудом решаются вопросы конверсии военного производства на

«Маяке». Это можно видеть на примере судьбы Южно-Уральской АЭС. И противники, и сторонники АЭС практически исчерпали запас используемых ими в споре аргументов. Но и та, и другая сторона продолжают стоять на своем, и судьба станции, несмотря на принимаемые властями решения о продолжении строительства, остается неопределенной. А это означает, что дискуссия в прессе будет продолжена.

Авторы выражают благодарность Фонду Элтона Джонса и Министерству энергетики США, оказавшим частичную поддержку настоящему исследованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Задолго до Чернобыля» — «Челябинский рабочий», 16.06.89.
2. Чертков В. «Плутонию вход запрещён». — «Правда», 17.07.89.
3. А. Иллеш. «За тридцать лет до Чернобыля». — «Известия», 12.07.89.
4. С. Смирнов, С. Белковский, А. Полушин. «Ядерная авария». — «Комсомольская правда», 15.07.89.
5. В. Губарев. «Ядерный след». — «Правда», 25.08.89.
6. Ответ Заместителя Председателя Совета Министров СССР Л. Рябева на запрос народных депутатов о последствиях атомной аварии в Челябинской области в 1957 г. — «Аргументы и факты», 1989, № 34, с. 8.
7. НТР: проблемы и решения, 1989, № 14, с. 7.
8. В. Киршин. «Знать правду». — «Челябинский рабочий», 15.07.89.
9. В. Княжничев «АЭС: где строить? — «Челябинский рабочий», 22.09.89.
10. Б. Лекарев «С карандашом в руке». — «Челябинский рабочий», 11.10.89.
11. Д. Терёхин. «Быть ли АЭС на Южном Урале?» — «Социалистическая индустрия», 31.10.89.
12. Д. Усачёв, А. Усольцев. «Ядерный тупик». — «Советская Россия», 21.11.89.
13. М. Фонотов «АЭС: с доводами и без». — «Челябинский рабочий», 14.11.89.
14. «АЭС: вопросы и ответы». — «Челябинский рабочий», 9-10.12.89.
15. А.П. Литовченко. Заключительное слово на пленуме Челябинского обкома КПСС. — «Челябинский рабочий», 19.12.89.
16. В.Н. Бендерский «ГРЭС выгоднее?» — «Челябинский рабочий», 22.12.89.
17. С. Смирнов. ««Арестованная вода» (чем сегодня грозят последствия взрыва, прогремевшего над Челябинском 30 лет назад?)». — «Комсомольская правда», 20.02.90.
18. В. Княжничев «АЭС: автографы челябинцев». — «Челябинский рабочий», 11.01.90.
19. В. Шишкин. «Не автографы, а аргументы». — «Челябинский рабочий», 17-18.02.90.
20. А. Пенягин, М. Лежнев, Р. Азис. «АЭС: юбилей знакомства». — «Челябинский рабочий», 3-4.02.90.
21. Ю.Е. Тарасов. «Катастрофа откладывается». — «Челябинский рабочий», 06.02.90.
22. Ю.Е. Тарасов. «Вода к юбилею». — «Челябинский рабочий», 16.02.90.
23. «Ещё раз о взрыве». — «Челябинский рабочий», 04.10.89.
24. «На ядерном кладбище и вокруг него». — «Челябинский рабочий», 11-12.11.89.
25. С. Смирнов, «Атомная Теча». — «Комсомольская правда», 07.03.90.
26. «Обеспечить безопасность». — «Челябинский рабочий», 27.02.90.
27. Б.В. Никипелов, Е.Г. Дрожко. «Взрыв на Южном Урале». — «Природа», 1990, № 5, с. 48-50.
28. Г.Н. Романов, А.С. Воронов. «Радиационная обстановка после аварии». — Там же, с. 50-53.

29. Г.Н. Романов, Д.А. Спирин, Р.М. Алексахин «Поведение радиоактивных веществ в окружающей среде». — Там же, с. 53-58.
30. Д.А. Спирин, Е.Г. Смирнов, Л.И. Суворова, Ф.А. Тихомиров, «Действие радиационного загрязнения на живую природу», Там же, с. 58-63.
31. Г.Н. Романов, Л.А. Булдаков, В.Л. Швецов «Облучение населения и медицинские последствия аварии». — Там же, с. 63-67.
32. Г.Н. Романов, И.Г. Тепляков, В.П. Шилов. «Восстановление хозяйственной деятельности». — Там же, с. 67-73.
33. Г.Н. Романов, Е.Г. Дрожко, Б.В. Никипелов. «Подводя итоги». — Там же, с. 73-75.
34. «Зелёные»держат совет». — «Челябинчский рабочий», 7-8.04.90.
35. А. Чуносов. «Засекреченная река». — «Труд», 18.09.90.
36. Ж.А. Медведев. «Новое о ядерной катастрофе на Урале». — «Энергия», 1990, № 10, с. 2-5.
37. А. Покровский, Г. Щербина. «Закрытый город может спать спокойно?» — «Известия», 05.10.90.
38. А. Усольцев. «Атомный шантаж». — «Российская газета», 23.12.90.
39. А. Губер. «Запретный город». — «Новое время», 1990, № 47, с. 28-29.
40. «Реактор надёжен». — «Челябинский рабочий», 08.06.90.
41. Н. Миронова. «Проблемы ядерного комплекса». — «Челябинский рабочий», 22-23.09.90.
42. «Маяк без секретов». — «Челябинский рабочий» 03-04.10.90.
43. «Осень в «Сороковке». — «Челябинский рабочий», 11.10.90.
44. «Зона». — «Уральский рабочий», 01.11.90.
45. «Это серьёзнее Чернобыля...» — «Радикал», 1990. № 5.
46. Г. Щербина. «Всё решит референдум». — «Известия», 80.12.90.
47. В. Черепанов. «Назначен референдум». — «Правда», 24. 12.90.
48. «Вот и референдум проведём». — «Московские новости», 1990, № 50.
49. Ю. Рогожин. «60 АЭС закрыли. Что дальше?» — «Известия», 23.03.91.
50. Распоряжение Президента СССР М. Горбачёва (от 03.01.91). — «Челябинский рабочий», 16.01.91.
51. В. Пирогов. «Взгляд медика», — «Челябинский рабочий», 04.01.91.
52. «Открытая радиация». — «Челябинский рабочий», 16.01.91.
53. М. Щапин. «АЭС и энергетическая ситуация». — «Челябинский рабочий». 14.02.91.
54. «Накануне референдума». — «Челябинский рабочий», 26.02.91.
55. «ЮУАЭС — нет! «Ядерному кладбищу — нет!», — «Челябинский рабочий», 19.03.91.
56. А. Аклеев. «Нас рассекретили недавно...» — «Челябинский рабочий», 11.05.91.
57. «Глобальные последствия чернобыльской катастрофы и будущее атомной энергетики». — «Химия и жизнь», 1991, № 11, с. 3-12.
58. Н. Миронова «Пустите ВПК в Европу», — «Челябинский рабочий», 17.08.91.
59. Е. Ткаченко. «Будущее за ядерной энергетикой». — «Челябинский рабочий», 12.07.91.
60. «О мерах по ликвидации последствий радиоактивного загрязнения в результате деятельности ПО «Маяк» Минатомэнергопрома СССР и защита населения от его воздействия» (Распоряжение Президента РСФСР Б.Н. Ельцина от 10 сентября 1991 г.) — «Челябинский рабочий», 18.09.91.
61. Проект закона «О социальной защите граждан, пострадавших от радиационного воздействия на Восточно-Уральской территории радиоактивного загрязнения». — «Челябинский рабочий», 29.11.91.
62. «Ядерная реабилитация», — «Челябинский рабочий», 12.10.91.
63. Н.С. Бабаев, Б.В. Никипелов, Г.Н. Романов, В.И. Фетисов, Ю.Б. Холина «Международный радиоэкологический центр». — «Природа», 1992, № 2, с. 81-83.
64. Е. Ткаченко «Переработка ядерных отходов поможет сократить дефицит бюджета», — «Челябинский рабочий», 13.02.92.

65. Е. Ткаченко «Безопасно и выгодно (прогрессивная технология остекловывания ядерных отходов освоена на химкомбинате «Маяк»)» — «Челябинский рабочий», 11.04.92.
66. М. Попов. «Конвертируемая «помойка»» — «Рабочая трибуна», 30.04.92.
67. «Этот невидимый страшный атом». — «Челябинский рабочий», 25.04.92.
68. В. Первых «Река Теча, любовь и боль» — «Челябинский рабочий», 18-20.02.92.
69. «Радионуклиды с деревенского покоса». — «Челябинский рабочий», 17.03.92.
70. В. Шелекетов «Северное сияние над Кыштымом», — «Российская газета», 25.06.92..
71. В. Тараканов. «Челябинские атомщики требуют». — «Челябинский рабочий», 04.03.92.
72. М. Фонотов. «Радиологи мира в Челябинске». — «Челябинский рабочий», 19.05.92.
73. О. Вишняков «Челябинск-65: равняется двадцати Чернобылям». — «Новое время», 1992 — № 30, с. 52-53; № 31 с. 30-32.
74. М. Галиев «Из Кыштыма с надеждой». — «Химия и жизнь», 1992, № 9, с. 29-33.
75. С. Лучич «»Нет» ядерным отходам». — «Челябинский рабочий», 20.05.92.
76. А. Усольцев «Как я испортил приятное чаепитие для журналистов». — «Российская газета», 28.07.92.
77. К. Белянинов. «Где будет ядерная помойка?» — «Комсомольская правда», 26.09.92.
78. «Ядерный» состав стоит под парами». — «Известия», 20.08.92.
79. Ф. Лукьянов «Атомный поезд ждёт на путях», — «Известия», 01.09.92.
80. М. Мелконян «Лауреат с грифом «секретно»». — «Медицинская газета», 09.10.92.
81. А. Лацис «Это озеро — завтрашний Чернобыль». — «Московские новости», 25.10.92.
82. Г. Галкин. «В Челябинской области решено построить АЭС». — «Известия», 22.09.93.
83. С. Спицын «Станция в тумане». — Информационный бюллетень Ядерного общества, 1993, № 5.
84. И. Ларин. «История атомного города». — «Энергия», 1993, № 12, с. 10-17.
85. В. Мельников «Возобновится ли строительство атомной станции». — «Зелёный лист» (Уральская экологическая газета), 1993, № 3, дек.
86. «Хотим, чтобы наши дети были здоровыми». — «Зелёный лист», 1993, № 2, дек.
87. Р.П. Иванов «Я — сторонник строительства ЮУАЭС». — «Зелёный лист», 02.02.94.
88. С. Арсеньев «Радионуклиды, ядерная энергетика и мы». — Там же.
89. А. Усольцев «Плата за риск». — «Российская газета», 09.02.93.
90. А. Суслов, Г. Романов «Мы — за честный диалог». — «Научно-информационный бюллетень Ядерного общества» (НИМБ), 1993, № 4, с.18.
91. Е. Францева «»Ядерная свалка» останется, но в жёстких правовых рамках». — «Челябинский рабочий», 15.01.93.
92. М. Фонотов «Кто ближе к атому?» — Там же, 06.03.
93. М. Фонотов «Плутоний — на плутоний» — Там же, 17.06.
94. Н. Миронова, С. Лучив «Миллион подписей против ядерного могильника». — «Зелёный лист», 25.05.94.
95. М. Фонотов «Радиация, застывшая в стекле». — «Челябинский рабочий», 21.01.94.
96. Г. Полухин «Первые шаги» — НИМБ, 1993, № 4, с. 32-36.
97. И. Ларин «История одного атомного города». — «Энергия», 1993, № 12, с. 10-17.
98. Г. Пруцков «Ядерный свет »Маяка»». — «Спасение», 1993, № 3, нояб.
99. Г. Алексеев «Почему мы болеем». — «Челябинский рабочий», 18.03.93.
100. «Экология — залог здоровья». — Там же, 01.94.
101. Г. Кабиров «Речная болезнь». — Там же, 24.06.
102. М. Фонотов «От чего лысеют муслюмовцы: от радиации или от поспешных сенсаций?» — Там же, 19.11.
103. А. Тихонов «В споре её не застанешь врасплох... (беседа с кандидатом в депутаты Гос. Думы Н.И. Мироновой)». — «Зелёный лист», 07.12.93.
104. М. Фонотов «Муслюмовский риск». — «Челябинский рабочий», 05.04.94.

105. М. Фотонов «Рыбалка на Кызылташе». — Там же, 29.10.94.
106. Т. Смольякова «Уральский след». — «Российская газета», 10.04.93.
107. «О государственной программе радиационной реабилитации Уральского региона». — «Зелёный лист», 1993, № 19, с. 2.
108. С. Гершуни «А льготы — после смерти?». — «Челябинский рабочий», 12.08.93.
109. «Распоряжение Президента РФ». — «Челябинский рабочий», 19.08.94.
110. «Вспомним Течу и »Маяк» (интересы южноуральцев, пострадавших от радиации, отныне защищены Законом)». — «Челябинский рабочий», 21.05.93.
111. Закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 г. на ПО »Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку «Теча» (принят Верховным Советом РФ от 20 мая 1993 г.). — Там же, 22.06.93.
112. Постановление Главы администрации Челябинской области «О мерах по реализации Закона РФ от 20 мая 1993 г. »О социальной защите...»». — «Зелёный лист», 07.12.93.
113. М. Фонотов «Защита, опоздавшая на 40 лет». — «Челябинский рабочий», 11.12.93.
114. М. Фонотов «Льготы и нервы». — «Челябинский рабочий» 22.02.94.
115. «Официальная хроника». — «Зелёный лист», 02.03.94.
116. Л. Батурина «Пострадавшим от радиации». — «Челябинский рабочий», 16.04.94.
117. В. Жукова, Ю. Лукин «Чужая боль (почему буксует реализация Закона о социальной защите южноуральцев, пострадавших от радиации)» — Там же, 02.04.94.
118. В. Никитин. «Для пострадавших от радиации». — Там же, 02.06.94.
119. Постановление Главы администрации Челябинской области «О порядке предоставления компенсаций и льгот гражданам, подвергшимся воздействию радиации вследствие аварии 1957 г. на ПО «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча». — Там же, 08.06.94.
120. «Экологические деньги» — где они?» — Там же, 19.08.94.

СОЗДАНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ ПЕРВОГО СОВЕТСКОГО ЯДЕРНОГО ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА «МАЯК» (1946-1949)*

Новиков В.М., Сегершталь Б., Меркин В.И., Попов В.К.

Рассматриваются события начального периода (1946-1949 гг.) создания и становления первого советского промышленного комплекса по производству оружейного плутония, известного ныне как Производственное объединение «Маяк».

Приводится краткая история проектирования и сооружения трех основных производственных объектов Плутониевого комбината — первого промышленного реактора, радиохимического и химико-металлургического заводов. Особое внимание уделено вопросам освоения новых технологических процессов, которое сопровождалось неизбежными трудностями и инцидентами, приводившими к радиоактивному загрязнению окружающей среды региона.

РАСПОЛОЖЕНИЕ КОМБИНАТА

На Южном Урале, в Челябинской области, примерно в 80 километрах к северу от областного центра, одного из крупнейших городов страны с населением более 1,2 миллиона человек, находится город Озерск, несколько лет тому назад более известный как Челябинск-65, а еще ранее — как Челябинск-40. В пятнадцати километрах от Озерска располагается Производственное объединение «Маяк», крупнейший ядерный промышленный комплекс, в известном смысле — аналог Хэнфордского ядерного военно-промышленного центра в США. Именно здесь был получен первый плутоний для советской ядерной программы. Комбинат «Маяк» (согласно терминологии, принятой в России и ранее в СССР, «комбинат» — это крупный промышленный узел, объединяющий ряд технологически связанных производств под единым централизованным управлением) создавался и развивался вокруг трех основных производственных объектов — промышленного реактора, радиохимического и химико-металлургического заводов.

* Авторская версия перевода

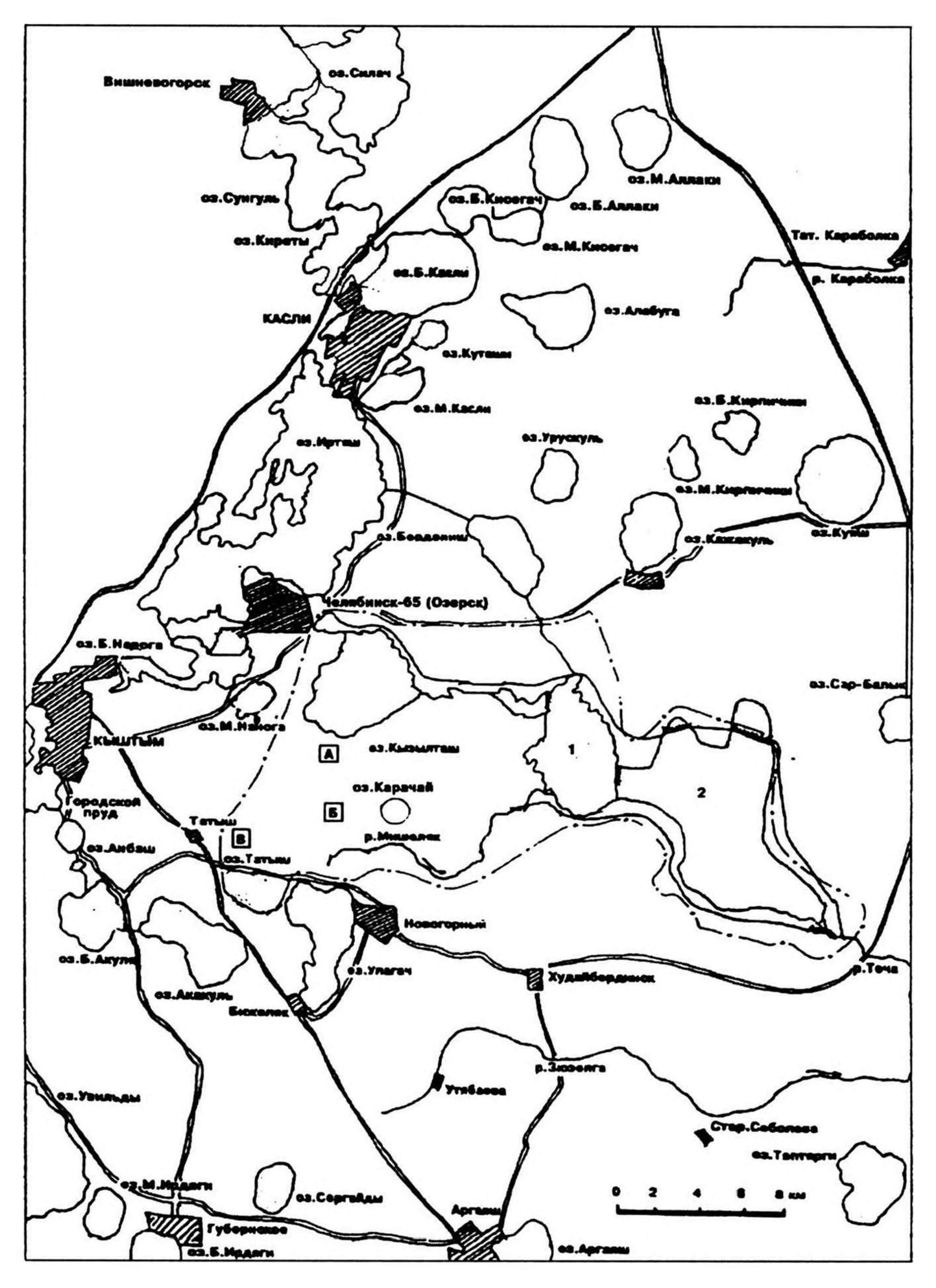


Рис. 1 Схема расположения первых производственных объектов (А, Б, В) плутониевого комбината и гидрографической сети региона.

1, 2 — искусственные водоёмы в верхнем течении реки Теча.

—·—·— — санитарно-защтная зона комбината.

Площадка для строительства комбината была выбрана в одном из живописных уголков Южного Урала в горно-лесистой местности, в окружении озер. Важное значение имело обилие водных ресурсов, необходимых для охлаждения реакторов и технологического использования на других производствах. Кроме того, в этом регионе уже существовала развитая промышленная инфраструктура, что позволяло решить проблему энергообеспечения комбината, имелась железнодорожная сеть и автомагистрали, связывавшие эту территорию с крупнейшими промышленными центрами страны. Немаловажным обстоятельством геостратегического характера была и значительная удаленность региона от внешних границ Советского Союза.

Окончательно вопрос о выборе данного места для строительства Плутониевого комбината был решен в 1945 году, в самом начале работ по созданию советской атомной бомбы, по предложению А.П. Завенягина, который был депутатом Верховного Совета СССР от Кыштымского избирательного округа и хорошо знал этот регион [1].

НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД СОЗДАНИЯ КОМБИНАТА

Предыстория

20 августа 1945 г. можно считать датой начала советской ядерной программы. Именно в этот день вышло постановление Государственного Комитета Обороны о создании Специального Комитета во главе с Л.П. Берия, на который возлагалось общее руководство всеми работами по созданию ядерного оружия в СССР. 30 августа 1945 г. было подписано другое постановление ГКО — о создании Первого Главного Управления — правительственного органа для управления работами по ядерной программе. Во главе ПГУ был поставлен Б.Л. Ванников, который до этого возглавлял Народный Комиссариат боеприпасов СССР [2].

В октябре 1945 г. правительственная комиссия, в состав которой входили представители Госплана СССР, Лаборатории № 2[1] АН СССР и Челябметаллургстроя (металлургический производственный комплекс в Челябинской области, находившийся в то время в ведении Наркомата Внутренних Дел СССР), произвела обследование ряда территорий на Южном Урале с целью выбора площадки для строительства предприятия по производству плутония. В результате этого обследования было признано целесообразным разместить Плутониевый комбинат в районе, расположенном к востоку от Кыштымско-Каслинских озер.

В ноябре 1945 г. на выбранной площадке приступили к геологическим изысканиям, а с начала декабря стали прибывать первые строители. Уже в начале 1946 г. начали сооружать бараки для рабочих, дороги и электрические подстанции, а в сентябре 1945 г. приступили к рытью котлована под первый промышленный реактор. К этому времени на строительстве объектов Плутониевого комбината работало около 70 000 человек[2].

---

[1] В настоящее время — Российский научный центр «Курчатовский институт»

[2] Д.Холлоуэй [1] приводит следующие оценки численности персонала, занятого в советской ядерной программе, взятые из отчета ЦРУ США 1950 г.: общая численность занятых в работах по проекту — от 330000 до 460000 человек; строительство — от 50000 до 60000 человек; промышленное производство — от 20000 до 30000 человек; НИОКР — от 5000 до 8000 человек.

Первый промышленный реактор (объект «А»)

К концу 1947 г. основное здание реактора было готово, и уже в начале 1948 г. начинается монтаж металлических конструкций и основного оборудования. Главным конструктором-разработчиком проекта реактора в январе 1946 г. был назначен Н.А. Доллежаль, директор Московского научно-исследовательского института химического машиностроения. До этого рассматривались три альтернативные схемы реакторной установки с использованием природного урана: тяжеловодная, газографитовая и водографитовая. К середине 1945 г. предпочтение было отдано водографитовой схеме [3,4].

На стадии разработки эскизного проекта главной задачей оказался выбор оптимального варианта конструкции уран-графитового реактора, охлаждаемого обычной водой. Рассматривались различные варианты конструкции реактора, существенно различающиеся между собой. Основные различия касались расположения технологических каналов графитовой кладки, способов распределения охлаждающей воды по большому числу каналов реактора и систем загрузки и выгрузки находящихся в них урановых блоков. Первоначальный вариант предусматривал вертикальное расположение технологических каналов. В конце 1945 г. были рассмотрены еще два варианта: с горизонтальным и вертикальным (с иным направлением потока воды) расположением каналов. В июне 1946 г. был одобрен вертикальный вариант компоновки реактора, предложенный Лабораторией № 2 и главным конструктором Н.А. Доллежалем. Окончательное решение в пользу этого варианта было принято Научно-техническим Советом при Первом Главном Управлении 10 июля 1946 г.

Задолго до этого, в январе 1946 г. были рассмотрены принципиальные вопросы, связанные с охлаждением промышленного реактора тепловой мощностью 100 МВт. Необходимо было решить, сбрасывать ли большие объемы прошедшей через реактор охлаждающей слабоактивной воды в ближайший водоем — озеро Кызыл-Таш или пропускать эту воду через систему очистки и использовать многократно. В последнем варианте в оборудовании очистного контура должно накапливаться большое количество радионуклидов. Опыта обращения с высокоактивными отходами в то время ещё не было. Этим и было обусловлено решение, принятое 12 января 1946 г. секцией № 1 Инженерно-технического Совета при Специальном Комитете: проектировать проточный вариант охлаждения реактора и создать необходимые системы очистки. Позднее эта схема охлаждения была использована и на других промышленных уран-графитовых реакторах, построенных на Плутониевом комбинате, получившем тогда кодовое наименование «комбинат № 817». В условиях послевоенного времени реализовать более сложные технологические схемы было невозможно.

Последующий опыт показал, что при нормальной эксплуатации реактора прямоточная схема не приводила бы к радиоактивному загрязнению окружающей среды. Действительно, до 1953 г. содержание радионуклидов в воде озера Кызыл-Таш (площадь — 19 км^2, объем воды — 83 млн.м^3) не превышало допустимых норм. Впоследствии, однако, в результате аварий, связанных с не всегда удачными техническими решениями при создании и испытании новых

экспериментальных реакторных установок, произошло загрязнение озера радиоактивностью, и оно стало использоваться в качестве «замкнутого» водоема, обладающего большой емкостью [4].

24 апреля 1946 г. на секции № 1 (реакторной) Научно-технического Совета был принят генеральный план комбината № 817, в котором были определены расположение реактора, систем для его проточного охлаждения, объектов водоподготовки и химической очистки воды, место для жилого поселка. Осенью 1946 г. состоялась закладка основного здания для реактора (здание № 1). Одновременно велись работы по созданию системы охлаждения. Для этого были построены специальные насосные станции, а также отдельные здания водоподготовки и химической очистки воды, поступающей для охлаждения реактора из озера Кызыл-Таш. Для аварийного энергообеспечения реактора была построена ТЭЦ на угле мощностью 12 МВт.

8 июля 1947 г. на строительстве комбината побывал Л.П. Берия. После его визита руководителем строительства был назначен генерал М.М. Царевский, имевший до этого большой опыт руководства сооружением крупнейших промышленных предприятий страны. 10 июля 1947 г. директором комбината был назначен Е.П. Славский, один из заместителей Б.Л. Ванникова.

К концу 1947 г. коробка здания первого промышленного реактора была готова. В это время комбинат вторично посетил Л.П. Берия. Этот визит также сопровождался сменой руководства: 20 ноября 1947 г. директором комбината назначается Б.Г. Музруков, до этого работавший директором Уралмаша. Е.П. Славский становится главным инженером комбината.

В январе 1948 г. на площадке реактора начинается монтаж металлических конструкций и основного оборудования. Эти работы велись под наблюдением представителя главного конструктора, под руководством и при самом активном непосредственном участии специалистов Лаборатории № 2. Для подготовки и проведения пусковых работ на комбинате был создан филиал Лаборатории № 2 численностью около 70 человек.

Началось комплектование штатов эксплуатационного персонала объекта «А», первым начальником которого был назначен С.М. Пьянков. На объекте создавались необходимые службы, лаборатории. Большая часть руководящего и инженерно-технического персонала объекта «А» прошла подготовку в Лаборатории № 2. Начальник сектора № 6 Лаборатории № 2, главный технолог проекта реактора В.И. Меркин назначается первым главным инженером, а начальник сектора № 1 И.С. Панасюк — первым научным руководителем объекта «А».

В течение всего периода монтажа и пуска реактора на комбинате находились И.В. Курчатов, Б.Л. Ванников, Н.А. Доллежаль, постоянно посещали комбинат представители Специального Комитета и ПГУ А.П. Завенягин, М.Г. Первухин, Б.С. Поздняков.

В марте 1948 г. приступили к выкладке активной зоны и отражателя из графитовых блоков. К концу мая 1948 г. основной монтаж был закончен, и началось опробование механизмов и систем контроля реактора.

Активная зона реактора диаметром 9,4 метра, в которой имелось 1168 топливных каналов, размещалась ниже нулевой отметки, в бетонной шахте с

трехметровыми стенками, окруженными стальными резервуарами, наполненными водой [5].

В начале июня 1948 г., после установки в графитовую кладку технологических каналов была проверена система теплосъема, включая сброс воды в озеро Кызыл-Таш. После этого началась круглосуточная загрузка урановых блоков в реактор, в которой принимали участие И.В. Курчатов, Б.Л. Ванников, руководители комбината.

8 июня 1948 г. в 0 часов 30 минут И.В. Курчатов произвел физический пуск реактора без теплосъема, при извлеченных регулирующих стержнях, доведя его мощность до 10 кВт. Для пуска реактора с водой пришлось дополнительно загружать урановые блоки.

10 июня в 20 часов реактор с водой достиг критического состояния, и его мощность была доведена до 1 МВт. Заключительная стадия пусковых работ началась 19 июня, и 22 июня 1948 г. мощность реактора достигла проектного значения 100 МВт. С июля 1948 г. началась его планомерная круглосуточная эксплуатация и постоянный учет выработанной энергии и нарабатываемого в реакторе плутония [3].

В начальный период работы реактора пришлось преодолеть немало трудностей, связанных с обеспечением заданных параметров протекающих в нем физических процессов и необходимых технологических требований. Так, весьма серьезные неприятности возникли в связи с тем, что в установленных в реакторе алюминиевых каналах не была анодирована поверхность труб. Это привело к возникновению интенсивного коррозионного процесса, массовой протечке труб и, в конечном счете, к вынужденной остановке реактора на капитальный ремонт 20 января 1949 г. В короткий срок была проделана огромная работа по замене поврежденных труб технологических каналов на новые трубы из алюминиевого сплава с защитным анодированным покрытием, и уже в конце марта эксплуатация реактора была возобновлена [1,4].

Несмотря на все возникавшие трудности, программа наработки плутония неукоснительно выполнялась, и 22 декабря 1948 г. первые облученные в реакторе урановые блоки были переданы на радиохимическую переработку.

РАДИОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД (ОБЪЕКТ «Б»)

Впервые в СССР индикаторные количества плутония были выделены осенью 1944 г. в Лаборатории № 2 Б.В. Курчатовым из оксидов урана после длительного облучения их нейтронами от радий-бериллиевого источника. После пуска циклотрона в Лаборатории № 2 в декабре 1944 г. и восстановления циклотрона в Радиевом институте возможности накопления плутония существенно возросли, что позволило на микроколичествах плутония развернуть интенсивные исследования химических свойств этого элемента. В Радиевом институте Б.А. Никитин и А.П. Ратнер под руководством В.Г. Хлопина[3]

[3] В.Г .Хлопин (1890-1950) в 1921 г. разработал метод выделения радия из урановой руды. В 1948 г. он был уже тяжело болен.

разработали технологию выделения плутония из облученного урана, положенную в основу промышленного метода получения плутония на радиохимическом заводе, строительство которого уже разворачивалось на комбинате № 817.

Технологическая схема, предложенная Радиевым институтом, включала (1) окислительно-восстановительный процесс ацетатного осаждения натрий-уранил-триацетата, позволяющий сначала отделить уран и плутоний от большей части продуктов деления, а затем, изменив валентную форму плутония, отделить его от урана, и (2) аффинажный процесс выделения плутония на носителе — фториде лантана, обеспечивающий необходимую глубокую очистку плутония от урана, продуктов деления и макропримесей.

Пуск реактора Ф-1 в Лаборатории № 2 позволил резко увеличить масштабы и темпы работ по освоению промышленной технологии радиохимического производства. Уже в конце 1946 г. в НИИ-9[4] была построена опытная установка У-5 для отработки технологических процессов строящегося завода. В начале марта на эту установку начали поступать из Лаборатории № 2 урановые блоки, облученные на реакторе Ф-1. Работы на установке выполнялись под научным руководством ведущих радиохимиков страны Б.А. Никитина, Б.П. Никольского, А.П. Ратнера, И.Е. Старика (Радиевый институт), А.П. Виноградова (Институт геохимии и аналитической химии АН СССР), З.В. Ершовой (НИИ-9), в тесном контакте с сотрудниками Лаборатории № 2 Б.В. Курчатовым, М.И. Певзнером, Г.Н. Яковлевым. Из плутония, выделенного на установке У-5 18 декабря 1947 г., был получен первый «королек» металлического Pu весом 1 мг[5]. В следующем году здесь же были изготовлены еще два образца металлического плутония весом по 8 мг каждый [1]. Установка У-5 проработала полтора года, на ней были проведены десятки операций, начиная с загрузки облученных в реакторе Ф-1 урановых блоков и кончая получением готового концентрата плутония, были испытаны различные варианты конструкции оборудования и систем контроля радиохимического производства. Опытные работы, проведенные на установке У-5, позволили не только усовершенствовать технологические процессы, уточнить исходные данные для проектирования завода, но и подготовить основные инженерно-технические кадры для будущего производства.

На основе первого проектного задания, выданного Радиевым институтом, в первом квартале 1946 г. Государственный союзный проектный институт (ГСПИ-11)[6] в Ленинграде приступил к разработке проекта завода [6]. Уже в декабре 1946 г. началось строительство основного производственного корпуса объекта «Б» (здание 101). Монтаж технологической аппаратуры и прокладка

---

[4] 10 октября 1945 г. этот институт был передан из системы НКВД в ведение ПГУ и реорганизован в Институт специальных металлов (НИИ-9). В настоящее время — Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов (ВНИИНМ)

[5] Первые два образца металлического плутония, выделенного из урана, облученного в реакторе Ф-1, были получены в период с апреля по август 1947 г. Однако эти образцы весом 6,1мкг и 17,3 мкг можно было видеть только под микроскопом [1].

[6] В настоящее время — Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт энерготехнологий (ВНИПИЭТ)

магистралей велись практически одновременно с возведением стен, и уже в конце августа 1948 г. персонал завода начал обкатку аппаратов на кислоте, освоение дистанционного управления их работой.

Радиохимический завод представлял собой длинный каньон, разделенный на отдельные секции с бетонными стенами. Облученные урановые блоки поступали на вход в цепочку аппаратов, размещенных в секциях каньона, и после удаления алюминиевой оболочки растворялись в азотной кислоте. Далее осуществлялся процесс разделения урана и плутония и их очистки от продуктов деления (осадительная ацетатная схема) [5]. Ввиду высокой активности перерабатываемых материалов управление технологическим процессом осуществлялось дистанционно.

Одной из самых трудных оказалась для проектировщиков задача удаления радиоактивных отходов радиохимического завода. В конце 1946 г. химико-металлургическая секция (секция № 4) НТС ПГУ, на которой рассматривались все основные проектные решения по заводу, одобрила предложенный ГСПИ-11 и Институтом физической химии АН СССР вариант вентиляции завода «Б», предусматривающий сброс газов, образующихся при растворении урановых блоков, в атмосферу через трубу высотой 130 м (позднее эта цифра была скорректирована, и была построена труба высотой 151 м) с предварительным разбавлением их в трубе воздухом. При этом наиболее опасный радионуклид ^{131}I должен был задерживаться специальными фильтрами. Практически неразрешимой в то время оказалась проблема полного обезвреживания огромного количества радиоактивных растворов, образующихся после выделения плутония. 26-27 июля 1947 г. этот вопрос обсуждался на секции № 4. Были заслушаны доклады Радиевого института (И.Е. Старик) и Института физической химии АН СССР (С.З. Рогинский), проанализировав которые, секция пришла к выводу, что уменьшить концентрацию радионуклидов в сбросных растворах ниже 10^{-7} Ки/см^3 не представляется возможным, и сброс их в атмосферу неизбежен [6].

Осенью 1948 г. были закончены последние приготовления к пуску завода «Б». Первым директором завода был назначен П.И. Точеный, главным инженером — Б.В. Громов. Первая партия урановых блоков, облученных в реакторе «А», была загружена в аппарат-растворитель радиохимического завода 22 декабря 1948 г. Первая партия готового продукта была получена 26 февраля 1949 г. и сразу же отправлена на следующий технологический цикл (завод «В»), где конечной продукцией были детали из металлического плутония для атомной бомбы [1,7].

ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД (ОБЪЕКТ «В»)

3 марта 1948 г. приказом по комбинату было создано опытно-промышленное производство, размещавшееся в трех одноэтажных зданиях на промышленной площадке, примыкавшей к территории объектов «А» и «Б» [6]. Эту дату можно считать днем рождения завода «В», разработкой проекта которого занимались специалисты проектно-конструкторского бюро (ПКБ) НИИ-9,

а затем — созданного на его основе Постановлением Правительства № 200-90 от 2 февраля 1948 г. специального проектного института ГСПИ-12 под руководством Ф.З. Ширяева (вначале этот институт из соображений секретности называли Московской проектной конторой — МПК). Несколько позже, в том же 1948 г., по проекту МПК началось строительство новых цехов завода «В».

В проектировании завода и разработке технологических процессов, помимо специалистов НИИ-9 и МПК, принимали участие ученые из Института общей и неорганической химии АН СССР, Института геохимии и аналитической химии АН СССР, КБ-11 (будущий Арзамас-16) и других научных центров страны. Научным руководителем завода был А.А. Бочвар[7] (НИИ-9).

Выделение и аффинаж плутония включали в себя следующие операции: восстановительное осаждение сульфатов лантана и плутония, окислительное осаждение двойных сульфатов, осаждение гидроксидов, оксалатов, карбонатов, эфирную очистку. Очищенные промежуточные соединения плутония подвергались хлорированию. Металлический плутоний получали путем восстановления хлоридов [8].

Началом производственной деятельности объекта «В» можно считать 26 февраля 1949 г., когда на переработку в химическое отделение поступил плутониевый концентрат — конечный продукт завода «Б». Переработка концентрата производилась персоналом цеха № 9 под контролем и при участии ученых и руководителей комбината. Работы велись в отсутствие технологического регламента (первая Временная технологическая инструкция была утверждена только в мае 1949 г.) и потребовали крайнего напряжения сил всех участников.

В апреле 1949 г. был получен диоксид плутония и передан в металлургическое отделение завода, где уже к июню 1949 г. было наработано достаточно большое количество металлического плутония, из которого на заводе «В» в августе 1949 г. были впервые изготовлены полусферы для атомной бомбы. Это обеспечило успешное испытание на Семипалатинском полигоне первой советской атомной бомбы 29 августа 1949 г.

Так был завершен первый этап создания советской атомной промышленности. Опыт и знания, полученные на этом этапе, легли в основу ее дальнейшего развития.

РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ И РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Существующие до настоящего времени проблемы, связанные с радиоактивным загрязнением окружающей среды на территориях, прилегающих к комбинату «Маяк», и его воздействием на здоровье населения региона, уходят своими корнями в 40-е — 50-е годы, когда здесь создавали новые производства, осваивали новые технологии, наращивали выпуск стратегически важной продукции. Анализируя события тех лет и факторы, которые влияли тогда на положение дел в области радиационной безопасности персонала,

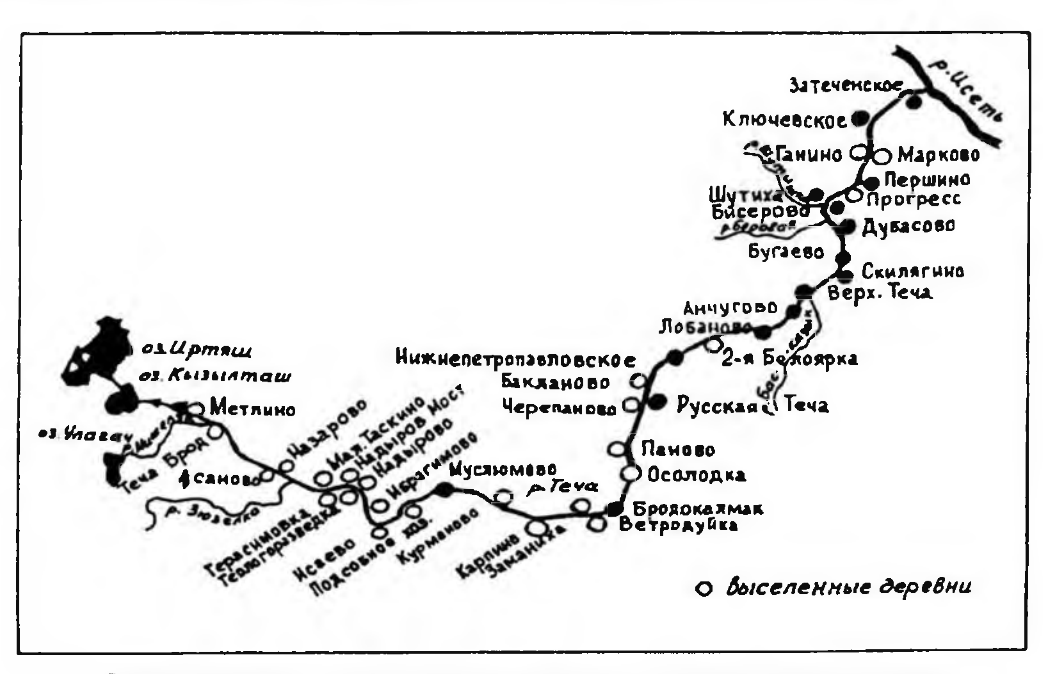
---

[7] А.А. Бочвар (1902-1984) с 1952 по 1984 гг. — директор НИИ-9.

населения и окружающей среды, можно выделить пять основных источников сложившейся ситуации.

1. В период становления производства на первых объектах комбината его персоналу приходилось работать в весьма неблагоприятных условиях. Нормы безопасности и правила дозиметрического контроля соблюдались плохо. Хотя руководители и рядовые сотрудники объектов хорошо сознавали существующую угрозу, им приходилось постоянно рисковать своей безопасностью. Иногда риск был связан с исправлением собственных ошибок и нарушений технологической дисциплины. Чаще всего, однако, он был обусловлен различными отказами и поломками оборудования, приводившими к возникновению аварийных ситуаций. Результатом этого явились высокие дозовые нагрузки большого числа работников комбината и связанные с ними профессиональные заболевания.

2. Сбросы жидких радиоактивных отходов радиохимического производства в реку Теча, которые непрерывно осуществлялись с 1949 по 1956 гг. (наиболее интенсивно сбросы осуществлялись с марта 1950 по ноябрь 1951 года). Из-за загрязнения реки и прибрежных земель внешнему и внутреннему облучению подверглись 124 тысячи человек, проживавших по берегам водной системы Теча-Исеть-Тобол на территории Челябинской и Курганской областей.



Расположение населенных пунктов в прибрежной полосе
р. Теча и р. Исеть.

3. Взрыв емкости с высокоактивными жидкими отходами комбината в 1957 году, приведший к выбросу более 20 миллионов кюри радиоактивных продуктов. Образовавшееся в результате взрыва облако накрыло территорию общей площадью более 20 тысяч км^2 с населением около 270 тысяч человек, полоса наиболее интенсивного радиоактивного загрязнения (т.н. Восточно-Уральский радиоактивный след) длиной 105 и шириной 8-9 км расположилась в северо-восточном направлении от комбината.

4. Бессточное озеро Карачай (первоначальная площадь — 0,27 км^2, объем — 0,4 млн. м^3), которое почти четыре десятилетия (с 1952 г., когда было решено прекратить крупномасштабные сбросы в реку Теча) использовалось в качестве хранилища жидких радиоактивных отходов радиохимического производства. В 1967 году смерч, пронесшийся вдоль песчаных берегов озера Карачай, привел к дополнительному загрязнению окружающих территорий радиоактивной пылью (высохшие радиоактивные илы озера). В настоящее время в озере Карачай содержится около 120 МКи радиоактивных продуктов.

5. Каскад водохранилищ, сооруженных путем возведения плотин в верхнем течении реки Теча, в донных отложениях которых содержится значительное количество долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr). По мнению экспертов, эти донные отложения следует относить к категории твердых радиоактивных отходов [6].

На протяжении долгих лет производственной деятельности комбината «Маяк» здесь, как и на других подобных предприятиях во всем мире, происходило немалое число радиационных и ядерных инцидентов.

В опубликованном недавно отчете Счетной Палаты Правительства США [9] отмечается, что «по меньшей мере, 221 ядерная установка, не считая гражданских энергетических ядерных реакторов, действует в настоящее время на территории бывшего Советского Союза... Эти установки используются для различных производственных целей, включая (1) добычу, обогащение и переработку урановых руд; (2) производство обогащенного урана; (3) производство и переработку ядерных материалов и ядерного топлива; (4) сборку ядерных боеприпасов; и (5) переработку и хранение радиоактивных отходов». Принимая во внимание конструкцию и возраст этих установок следует заключить, что их дальнейшая эксплуатация связана с немалым риском для окружающей среды.

Если вернуться к истории комбината «Маяк», можно привести здесь следующий перечень инцидентов, упомянутых в отчете [9]:

1954 г. — на радиохимическом производстве разрушена часть здания, повреждено оборудование;

1958 г. — в результате аварии три человека погибли, один получил лучевую болезнь;

1959 г. — в результате аварии повреждено технологическое оборудование;

1962 г. — в результате аварии разрушены технологические трубопроводы;

1968 г. — авария на радиохимическом производстве — один человек погиб и один получил тяжелое лучевое поражение, приведшее к ампутации обеих ног;

1984 г. — взрыв технологического аппарата на радиохимическом производстве;

1987 г. — в результате повреждения электрода на установке для остекловывания радиоактивных отходов произошел выброс расплавленной массы на пол производственного помещения; установка выведена из эксплуатации;

1990 г. — взрыв технологической емкости на радиохимическом производстве — два человека получили химические ожоги, один погиб;

1993 г. — произошел выброс газов, содержащих плутоний, через вентиляционную систему завода РТ-1, пострадавших не было; на насосной станции произошла утечка слаборадиоактивной воды, загрязнено около 100 $м^2$;

1994 г. — на заводе РТ-1 произошло возгорание оболочки облученного тепловыделяющего элемента, сопровождавшееся выбросом небольшого количества радиоактивных газов.

По мнению авторов отчета [9], этот перечень аварий не является исчерпывающим.

21 апреля 1957 г. на химико-металлургическом заводе «В» произошла ядерная авария: при подаче в одну из технологических емкостей раствора, содержащего уран 90-процентного обогащения, возникла самопроизвольная цепная реакция. Пострадало шесть человек: один умер через 12 дней, а остальные перенесли лучевую болезнь. Причиной аварии, отнесенной к 4-й категории опасности по международной шкале INES, было накопление в горизонтально расположенной емкости осадка, содержавшего 3,4 кг высокообогащенного (90%) урана. [10, 11]. 2 октября 1958 г. на одной из экспериментальных установок комбината возникла самопроизвольная цепная реакция, в результате которой три человека погибли, один потерял зрение. Этот ядерный инцидент был также отнесен к 4-й категории по шкале INES [10, 11].

11 февраля на комбинате произошел взрыв содержимого одного из контейнеров, приведший к разрушению производственного помещения (инцидент 3-й категории опасности по шкале INES) [11].

В таблице 1 приведены обобщенные данные, характеризующие последствия воздействия наиболее крупных радиационных аварий на комбинате «Маяк» на здоровье населения и состояние окружающей среды региона.

Таблица 1.

Последствия радиационных аварий на комбинате «Маяк»

	Река Теча	Взрыв 1957 г.	Смерч 1967 г.
Выброс активности, Ки	3.10^6	2.10^7	600
Среда распространения загрязнения	водная	Воздушная	воздушная
Число жителей, подвергшихся облучению	124 000	272 000	42 000
Число жителей, получивших дозу свыше 5 мЗв/год	28 100	20 000	–
Площадь земель с уровнем загрязнения свыше 0,1 Ки/$км^2$, $км^2$	около 1,0 (земли в пойме рек Теча и Исеть)	23 000	2 700
Площадь земель, выведенных из хозяйственного оборота, $км^2$	8	106	–
Максимальное значение эквивалентной дозы	3,0 - 4,0	0,9	0,003
Число эвакуированных жителей	7 500	11 000	–

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Фонду Элтона Джонса и Министерству энергетики США за оказанную ими финансовую поддержку данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Holloway D. Stalin and the Bomb: the Soviet Union and Atomic Energy 1939-1956. — Yale University Press, 1994.
2. Merkin V.I., Popov V.K. Creation and Development of the First Soviet Nuclear Industrial Complex in the Southern Urals. — International Institute for Applied Systems Analysis (Laxenburg), 1995.
3. Меркин В.И. Решающий эксперимент Курчатова, — В сб. «Воспоминания об Игоре Васильевиче Курчатове», М.: «Наука», 1988, с.267-282.
4. Круглов А.К. К истории атомной науки и промышленности. — «Бюллетень ЦОИ», 1993, № 8, с.56-67.
5. Cochrain T.B. and Norris R.S. Soviet Nuclear Warhead Production. — National Resources Defence Council , 1992.
6. Круглов А.К. К истории атомной науки и промышленности. — «Бюллетень ЦОИ», 1993, № 10, с.39-74, № 12, с.32-68.
7. Гладышев М.В. Плутоний для атомной бомбы: директор Плутониевого завода делится воспоминаниями. — Челябинск-65, 1992, 73 с.
8. Пожарская М.Е. Получение первых препаратов плутония. — В сб. «Страницы истории ВНИИНМ. Воспоминания сотрудников», М.: ЦНИИАтоминформ, 1994, с.88-118.
9. Nuclear Safety Concerns with Nuclear Facilities and Other Sources of Radiation in the Former Soviet Union. Report to the United States Senate. — United States General Accounting Office, W., DC (1995).
10. Frolov V.V., Ryazanov B.G., Sviridov V.I. A Review of Criticality Accidents, which Occurred in the Russian Industry. — «The International Conference on Nuclear Criticality Safety (ICNC'95), September 17-22, 1995, Albuquerque, N.M., USA. Russian Materials»/
11. Analysis of Safety Violations and Accidents — Energija, A, 1994, 14, p. 268-269.

АМЕРИКАНСКАЯ, ГЕРМАНСКАЯ И СОВЕТСКАЯ АТОМНЫЕ БОМБЫ*

Уолкер М.

Прошло пятьдесят лет с тех пор, как атомная бомба была сброшена на Хиросиму, но первые шаги по созданию ядерного оружия все еще остаются источником бурной, а иногда и жестокой политической полемики. Открытая недавно в Смитсонианском институте экспозиция самолета «Энола Гэй», с борта которого была сброшена бомба на Хиросиму, показала, какие разногласия существуют в обществе относительно этой годовщины. Историки, организовавшие выставку, первоначально хотели не только показать с помощью фотографий последствия бомбардировки для Хиросимы и её жителей, но и проанализировать, как и почему было принято решение применить бомбу. Однако, окончательный вариант выставки содержал лишь ненамного больше, чем передние две трети фюзеляжа самолета.

Для некоторых американцев, включая в особенности консервативных политиков и группы ветеранов, упоминание о катастрофе, к которой привела бомбардировка мирного населения японского города, как и вопрос о мотивах политического руководства Соединенных Штатов, является запретным, «табу». Действительно, у этой проблемы имеется две стороны. В то время, как разрушение Хиросимы осталось глубоко запечатленным в нашей коллективной памяти, мы часто забываем о том, каким кровавым был тихоокеанский театр Второй мировой войны, как дорого обходилась японская тактика борьбы до последнего, и о том совершенно необъяснимом скептицизме, с которым политическое и военное руководство, как и все американское общество, отнеслось к готовности Японии капитулировать. Если рассматривать вопрос в историческом контексте, то применение в войне с Японией первой атомной бомбы представляется не только оправданным, но и действительно неизбежным. Однако, политическая кампания против выставки в Смитсонианском институте, кульминацией которой стал вынужденный отказ директора Музея от должности и существенное сокращение экспозиции выставки, была, тем не менее, не чем иным, как цензурой. Разрушение Хиросимы в результате атомной бомбардировки является запретной темой, «табу», потому что, без сомнения, не могло считаться благородным применение таких разрушительных средств, частично мотивированное желанием запугать руководство Советского Союза.

---

* Перевод Гапоновой И.С.

Споры вокруг недавно вышедшей книги Павла Судоплатова и его неправдоподобные утверждения о том, что Нильс Бор, Энрико Ферми, Роберт Оппенгеймер и Лео Сцилард — все были шпионами Советского Союза и, таким образом, предавали Запад, выдвинули на передний план тему научного шпионажа, которая доминирует в историографии советской бомбы со времён первого испытания в1949 году. Для Запада этот акцент на шпионаже четко означает, что советское государство преуспело в создании ядерного оружия только благодаря такой «нечестной» помощи. В свою очередь, советская сторона отвечала молчанием, отрицанием и дезинформацией на все вопросы, касающиеся шпионажа и вообще всех форм зарубежной поддержки.

На Западе для многих, особенно для американцев, со времен холодной войны, сама мысль о том, что Советы были способны соперничать с Америкой без посторонней помощи, являлась запретной. По их мнению, коммунизм просто не мог сравниваться с американской капиталистической системой демократии. Для советских людей в прошлом, коммунистов других стран и даже для некоторых бывших советских людей сегодня таким же запретным является обсуждение и даже намек на то, что они получили существенную помощь с Запада, потому что это опорочило бы их достижения и поставило бы под сомнение их убеждения в том, что коммунизм обладает преимуществом перед капиталистическим Западом и что борьба за победу коммунизма оправдывала сотрудничество или молчаливое согласие с крайностями сталинизма. Другими словами, признание существенной роли научного шпионажа в достижениях Советского Союза привело бы к обесцениванию этих успехов, а это как раз то, чего добивалась в холодной войне одна сторона и усиленно не желала другая.

Одним из видов иностранной помощи, которую Советы систематически отрицали или преуменьшали, можно считать использование группы германских «специалистов» — ученых и инженеров, которые или работали над прикладными проблемами ядерного деления во время войны, или были способны это делать. Как известно, немецкие исследовательские работы во время войны способствовали значительному ускорению гонки ядерного вооружения. Маячившая угроза нацистского ядерного оружия заставила американских ученых, особенно тех, кто эмигрировал в Америку, отложить в сторону все предубеждения, которые они, возможно, имели, и объединиться в борьбе за первенство в создании атомной бомбы. Точно так же успехи Германии в использовании ракет в качестве оружия побудили как Советский Союз, так и Соединенные Штаты, овладевать этой технологией и, соединив её с ядерным оружием, создать межконтинентальные баллистические снаряды с ядерными боеголовками, что привело к разжиганию холодной войны.

Германский исследовательский проект по делению ядра во время Второй мировой войны является, возможно, наиболее загадочным из проектов трех наций, именно потому, что он не имел успеха. Адольф Гитлер и другие национал-социалисты не получили ядерного оружия, но они, несомненно, безжалостно использовали бы его, если бы имели в своём распоряжении. Но почему все-таки не существовало нацистского ядерного оружия? Потерпели ли немцы неудачу или вообще не предпринимали попыток создать атомную бомбу? Если

такие попытки все-таки были и кончились безрезультатно, то почему? Что было причиной: недостаток ресурсов или времени, ошибки или саботаж?

Дискуссия вокруг германской атомной бомбы постоянно продолжается. Особенно это касается вопроса о том, не оказывали ли преднамеренно такие ученые, как Вернер Гейзенберг и Карл Фридрих фон Вейцзеккер, активное и эффективное сопротивление Гитлеру, отрицая саму возможность создания ядерного оружия. Совсем недавно Томас Пауэрс оживил утверждение Роберта Юнга времен 1956 г. о том, что группа немецких ученых из окружения Гейзенберга договорилась саботировать исследования и, таким образом, оказывать сопротивление Гитлеру. Однако, это утверждение ложно, как недавно было опубликовано и Юнгом, и фон Вейцзеккером. Такого заговора не существовало. Никто из них не заявлял Гитлеру или кому-нибудь еще о невозможности создания ядерного оружия.

Итак, существует две запретные темы. Со стороны негерманцев, главным образом, американцев и эмигрантских кругов, это «табу» на утверждение, что немецкие ученые могли выполнить работу на высоком профессиональном уровне, не сделав существенных «ошибок», потому что большинство из них не хотело, чтобы Германия проиграла войну, хотя, тем не менее, они не передали в руки нацистов ядерное оружие. И наоборот, немцы не хотят признавать, что эти ученые усердно работали, выполняли все исследования и немедленно сообщали свои результаты соответствующим политическим и военным деятелям (а часто работали также и над другими проблемами во имя победы Германии). Другими словами, немцам трудно принять, что эти ученые работали над созданием оружия массового уничтожения для национал-социалистов в то время, как гитлеровский режим вел одну из самых разрушительных войн в истории человечества, не проявляя существенных угрызений совести вплоть до окончания войны, реально — до известия о бомбардировке Хиросимы. В этом смысле, с исторической точки зрения, интересно отметить, что немцы вели себя подобно их американским и советским противникам, поскольку американцы тоже не поднимали вопроса о бомбе до успешного проведения испытаний, а советские ученые не сомневались в необходимости создания ядерного оружия до того, как они передали его политическому руководству.

Чтобы оценивать какой-либо из проектов ядерного вооружения, необходимо иметь некоторые критерии. Сравнивая проекты, мы также можем исследовать фундаментальный вопрос о том, какое влияние может оказывать политическая идеология на науку. Другими словами, была ли различной нацистская, советская и американская наука? Действительно ли влияют на науку политические идеологии, включая такие крайние, как нацизм и сталинизм? Первое ядерное оружие дает очень хорошую возможность изучить этот вопрос, поскольку события происходили в разных странах в один и тот же период времени, с 1939 г. до середины пятидесятых, при этом решались одни и те же научные и инженерные проблемы на общем историческом фоне Второй мировой войны и послевоенной эпохи.

Нет никакой необходимости спрашивать, почему ученые начали эти исследования. Сенсационное и неожиданное открытие деления ядра в сочетании с

обычным интеллектуальным любопытством и профессиональной амбицией дало толчок к началу урановых исследований. Более интересен вопрос о том, как реагировали ученые в Германии, Великобритании, Соединенных Штатах и (позднее, во время войны) Советского Союза на предложение участвовать в военном исследовательском проекте, имеющем своей целью выяснить возможность создания атомной бомбы. Степень их энтузиазма и, особенно, мотивировки были различными, но большинство ученых рассматривало это как необходимую и ценную работу на пользу отечеству, или, в случае эмигрантов, для борьбы против национал-социализма. Было очень мало ученых, кто ответил отказом на предложение внести свой вклад в разработку национального проекта. Действительно, даже в условиях гитлеровского и сталинского режимов мало кого из ученых принуждали силой работать над ядерным оружием. Исключение составляют немецкие специалисты, которых после войны вынудили выехать в Советский Союз и там работать над проблемой ядерного деления.

Существуют прямые ответы на вопросы, почему ученые начали исследования по делению ядра и почему они продолжали работу в рамках военного исследовательского проекта. Но почему все-таки они продолжали свои исследования до самого конца? Прежде всего, конечно, германские ученые не завершили свою работу просто потому, что Германия никогда не занималась ядерным оружием. Однако, вопреки послевоенным сообщениям самих исследователей, они никогда не прекращали, не замедляли и не сворачивали свою работу. Вместо этого они только сделали некоторые шаги по пути к контролю над экономическим и военным применением процессов деления ядра. Они знали, что их страна не сможет произвести ядерное оружие до конца войны и, по иронии судьбы, они полагали, что опережают союз своих противников до тех пор, пока известие о Хиросиме не разбило вдребезги их чувство превосходства.

У советских исследователей также имелась четкая цель: догнать США, которые уже взорвали атомную бомбу, и ликвидировать американскую монополию в этой области. Как показывает в своей книге об истории советской атомной бомбы Дэвид Холлоуэй, большинство советских ученых рассматривало советский ядерный проект как продолжение Великой Отечественной войны, которую их народ вел против Германии. Как советское правительство, так и русские ученые видели в американской монополии на ядерное оружие угрозу для безопасности их стран.

Американский случай несколько сложнее. Хотя мотивировкой и оправданием для начала военных исследований была, несомненно, угроза нацистского ядерного оружия, работы по «Манхэттенскому проекту» не были прекращены и даже не замедлились после безоговорочной капитуляции Германии весной 1945 года. Япония в это время все еще представляла собой некоторую угрозу, хотя она теперь уже только оборонялась. Американские ученые в лаборатории Лос-Аламоса и в других местах, конечно, желали скорейшего окончания войны и победы союзнических войск. Более важно, что проект и, в особенности, задача создания действующих урановой и плутониевой бомб становились важным моментом. Никто не рассматривал вопроса о прекращении проекта, несмотря на то, что Третий Рейх потерпел поражение, и очень сомнительно, что

проект был бы прерван, если бы Япония капитулировала до его завершения. Слишком много времени, сил и, самое главное, ресурсов было затрачено, чтобы он не был доведен до конца.

Сравнение технических достижений американского, германского и советского проектов, с учетом относительно скромного масштаба немецких работ, свидетельствует, что все стороны выполнили работу на высоком профессиональном уровне и что все три политические идеологии (капиталистическая демократия, фашизм и коммунизм) оказались способными создать условия для проведения этих исследований. Американцы были первыми, и поэтому их задача была самой трудной. Советы также удачно завершили проект, с одной стороны, с некоторой помощью, а с другой, — с меньшим объемом работ, который им пришлось выполнить. Немецкие военные решили не расширять свой ядерные исследования до промышленных масштабов, однако теперь нельзя сказать, достигли ли бы они успешных результатов прежде, чем союзники выиграли войну, или до того, как американцы создали свою бомбу. С одной стороны, германское государство потратило огромные средства (деньги, сырье и человеческие силы) на свой ракетный проект, сравнимые с тем, что американцы вложили в Манхэттенский проект. С другой стороны, масштабы и сложность предпринятых американцами усилий были аномальными и их успех оставался под вопросом вплоть до самого конца.

Таким образом, создание первого ядерного оружия является хорошим примером того, что при определенных обстоятельствах разница в политической идеологии может не играть большой роли, если дело касается науки. Все режимы с готовностью использовали труд своих аполитичных ученых, чтобы создать новое разрушительное оружие. Наука иногда может предоставлять огромную политическую и военную мощь в руки нации или её лидеров, и в этом случае даже оторванные от реальной жизни идеологи становятся прагматиками.

При публичных обсуждениях первого ядерного оружия часто не учитывают важнейшую истину: при чрезвычайных обстоятельствах (как Вторая мировая война, национал-социализм или сталинизм) существует очень мало простых, однозначных ответов на моральные вопросы; вместо этого нам обычно приходится сталкиваться с очень сложными проблемами. Ответы только кажутся ясными впоследствии, поэтому и необходимы защита от обвинений и запреты, «табу».

«УТЕРЯННЫЙ» ЛОС-АЛАМОССКИЙ ДОКЛАД СМИТА. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ*

Крамиш А.

В последние десятилетия своей жизни профессор Генри Д. Смит (1898 — 1989) совместно с автором доклада много работал над расширением своего перечня источников знаменитого «Доклада Смита» [1]. Широко опубликованный во всем мире, доклад имел глубокие последствия. Наиболее интригующей загадкой была судьба «потерянной» лос-аламосской главы, которой не оказалось в архивах Смита. Самой спорной частью доклада была глава XII: «Работа над атомной бомбой». Первый черновой вариант был направлен Р. Оппенгеймеру 1 февраля 1945 г. [2].

Критические замечания по поводу предварительного варианта главы обрушились на Смита с нескольких сторон, особенно со стороны генерал-майора Лесли Р. Гровса, руководителя Манхэттенского проекта, и Джеймса Конанта, его научного консультанта, а также со стороны самих ученых Лос-Аламоса. Смит писал Оппенгеймеру: «Доктор Конант и Генерал сообщили также, что Вам не понравилась глава в целом, но не смогли указать каких-либо конкретных критических замечаний. Пожалуйста, сделайте их, не колеблясь, искренне и свободно» [3].

Оппенгеймер не колебался. Через несколько дней он отправил четыре страницы с конкретными замечаниями [4]. Он выразил свое убеждение, что черновик Смита «нельзя рассматривать как внушающую доверие и полную историю этого проекта». «А недавно я осознал, — писал он далее, — что мы нуждаемся в такой истории более чем по одной причине». Задача — написать эту часть была поставлена перед Хансом А. Бете.

Но именно смитовский черновой вариант XII главы был представлен в опубликованном докладе. Вариант Бете оказался «потерянным». Безрезультатно посылались запросы во все архивы и, конечно, самому Бете, который писал в конце 1978 г.: «Оппенгеймер был далеко не в восторге от смитовского описания деятельности в Лос-Аламосе ...» [5]. Бете не имел никаких соображений по поводу того, где мог бы находиться его доклад. Поиски продолжались, и, наконец, «утерянная» глава о Лос-Аламосе была найдена.

---

* Перевод Гапоновой И.С.

Работа по теме настоящего сообщения еще продолжается, все аспекты истории доклада Смита, который был опубликован на многих языках, будут полностью изложены в виде книги. В нее будет включен широкий и полный обзор всех изданий, отечественных и иностранных, с анализом различий и их значения. Почти каждое издание имеет свою интересную историю. Приложение к книге будет содержать полный текст «Потерянного лос-аламосского доклада Смита», который впервые за все время будет свободно доступен для общества, хотя очень похоже, что в НКВД прочитали его уже к сентябрю 1945 г.

Американский доклад Смита был представлен мировой прессе в литопринтном издании спустя шесть дней после того, как первая атомная бомба была сброшена на Хиросиму. Через месяц было опубликовано издание Принстонского университета, содержавшее некоторые пропуски. Русский читатель имел некоторое преимущество перед американским, поскольку советское издание содержало ту информацию, которая была опущена в американском [6]!

В последнее время опубликованный доклад Смита постоянно упоминается в связи с деятельностью советской разведки во время войны. «Утерянный» доклад Бете ранее не был известен, но его история самым тесным образом связана с ядерной историей. Наряду с другими, Юрий Н. Смирнов и Владислав Зубок [7] написали превосходную критическую статью о последних публикациях о советской атомной разведке во время Второй мировой войны. Чтобы привести один пример того, как доклад Смита связан с этими сообщениями, Зубок указывает на недостатки книги Александра Феклисова [8], утверждая, что среди его «фактов», которые «не выдерживают серьезной критики» — тот, что Оппенгеймер отказался подписать доклад Смита, поскольку он был «односторонним и вводящим в заблуждение». Однако, в этом случае Феклисов был прав, что превосходно продемонстрировал Зубок, хотя по некоторым другим спорным вопросам он ошибался, и возможно, не невинно.

Эксперт разведывательных органов по научно-техническим вопросам, полковник, профессор Владимир Барковский представил впечатляющий отчет [9, 10] о том, как советская разведка проникла в службу безопасности Манхэттенского проекта. Но существует свидетельство, такое как опубликованные недавно телеграммы «Веноны» [11], указывающее на то, что Барковский, ответственный за техническую разведку НКВД в Лондоне, а позднее — в Нью-Йорке, был слишком скромен в своих сообщениях на Симпозиуме в Дубне. Например, телеграмма «Веноны», посланная 27 ноября 1945 г. из Сан-Франциско в Москву, описывает доклад Смита, который был получен в Москве за несколько месяцев до этого.

Кроме того, в телеграмме упоминается также о разногласиях по поводу главы о Лос-Аламосе. В то время об этих разногласиях не было широко известно. На самом деле, они были почти неизвестны среди участников Манхэттенского проекта. Феклисов считает, что этот успех разведки был достаточно важен, чтобы отметить это в его мемуарах.

В то время, когда была послана эта телеграмма из Сан-Франциско, Москва, очевидно, уже оценила доклад Смита за раскрытые в нем секреты. Например, за месяц до того, как сообщение было послано, Москва направила физика

Якова Петровича Терлецкого в Копенгаген задать вопросы Нильсу Бору о докладе Смита [12]. Бор работал в Лос-Аламосе под псевдонимом «мистер Бейкер». Но к тому времени, как возникли внутренние разногласия относительно лос-аламосского доклада Смита, Бор уже вернулся в Копенгаген. Тем не менее было ясно, что вопросы Терлецкого к Бору были прежде всего направлены на то, чтобы определить, содержит ли доклад Смита «дезинформацию» и как доклад мог повлиять на непосредственно полученную информацию, сообщенную Барковским. Вопросы Терлецкого к Бору, по-видимому, также отражали недоумение и подозрение, возникавшие из-за различия между оригинальным американским литопринтным вариантом и изданным в издательстве «Prinston Press».

Миссию Терлецкого считали настолько важной, что отчет о поездке был передан главой НКВД Лаврентием Берией самому Иосифу Сталину.

Один из важных выводов, который можно извлечь из Симпозиума, состоявшегося в мае 1996 г. в Дубне, заключается в следующем. Большинство американских и британских терзаний по поводу того, что могла бы рассекретить публикация доклада Смита, были напрасными, поскольку в то время почти полностью отсутствовали сведения о масштабах деятельности советской атомной разведки.

Остается важный исторический вопрос. По крайней мере, ко времени открытой публикации русского перевода доклада Смита в НКВД знали о наиболее интригующей неопубликованной главе о Лос-Аламосе. Удалось ли НКВД заполучить её? Ответ представляется утвердительным. Павел Судоплатов, бывший среди тех, кто передал этот материал руководству НКВД в Москве, отмечает в своих противоречивых мемуарах [13], что он получил «потерянную» главу в сентябре 1945 г. и, что даже более важно, держал в руках полную рукопись доклада Смита с редакторскими пометками генерала Лесли Р. Гровса, главы Манхэттенского проекта. Хотя вышедшие в 1994 г. воспоминания Судоплатова об этих событиях весьма смутны и его книгу нужно читать с чрезвычайной осторожностью, сведения о «потерянном» докладе придают достоверность его заявлению, что в руках у него находился полный доклад Смита, отредактированный генералом Гровсом. На самом деле, эта рукопись должна была бы быть наиболее информативной, и это дает основание сделать ироническое заключение о том, что генерал Гровс, сам того не желая и не подозревая об этом, существенно помог Советам получить первоначальные знания об атомной бомбе!

ЛИТЕРАТУРА

1. The Princeton Library Chronicle Volume XXVII, No. 9. Spring, 1976, pp. 173 — 189. Прилагается неполный список изданий доклада Смита в разных странах мира.
2. H.D. Smyth to J.R. Oppenheimer, February 1, 1945.
3. H.D. Smyth to J.R. Oppenheimer, April 6, 1945.
4. J.R. Oppenheimer to H.D. Smyth, April 14, 1945.
5. H.A. Bethe to A. Kramish, December 29, 1978.
6. Richard Rhodes. «Dark Sun. The Making of the Hydrogen Bomb». Simon and Schuster. New York, N.Y. 1995, pp. 215 — 216.
7. Как, например, опубликовано в «Cold War International History Project» Issue 4. Fall 1994. Woodrow Willson International Center for Scholars. The Smithsonian Institution. Washington, D.C.
8. Александр Феклисов. «За океаном и на острове. Записки разведчика.» Москва: «Дем», 1994, стр. 150.
9. Барковский Владимир. «Участие научно-технической разведывательной службы в создании отечественного атомного оружия». HISAP'96. Первое пленарное заседание. 14 мая 1996 г.
10. Thomas Reed and Arnold Kramish, «Trinity at Dubna» Physics Today. Vol. 49, Number 11. November 1996. pp. 30 — 35.
11. Robert Louis Benson and Michael Warner. «Venona. Soviet Espionage and the American Response_1939 — 1957». National Security Agency and Central Intelligence Agency. Washington, D.C. 1996.
12. Ю. Гапонов, Финн Озеруд и П. Рубинин. «Еще раз о визите Терлецкого к Нильсу Бору в 1945 г.» HISAP'96. 18 мая 1996 г.
13. «Special Tasks The Memoirs of an Unwanted Witness — A Soviet Spymaster». Pavel Sudoplatov and Anatoli Sudoplatov (with Jerrold L. and Leona P. Schecter). Little, Brown and Company. New York. 1994.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ КУЛЬТУРА В ПРОЕКТАХ АТОМНОГО ОРУЖИЯ. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ*

Рабкин Я.М., Ром Ш.

ВВЕДЕНИЕ

Мысль о том, что наука может иметь культурные различия, всегда граничит с призывом к мятежу. Основная научная идеология, в значительной степени сформировавшаяся под влиянием наук физических, полагает, что наука по существу межнациональна. Действительно, обычно считается дерзостью даже само предположение о том, что наука могла бы изменяться в зависимости от этнической принадлежности, национальности, пола или идеологии ученых и обществ, их воспитавших. До недавнего времени попытки рассматривать науку как элемент культуры ограничивались главным образом тоталитарными обществами. Так советские коммунисты провозгласили лозунг пролетарской науки, который нанес огромный вред многим ученым и подорвал развитие некоторых научных дисциплин в Советском Союзе. Их *confreres* (*собратья*, *коллеги* — франц.) из национал-социалистической рабочей партии Германии аналогичным образом пришли к разделению науки на еврейскую и арийскую. На деле действие такого разделения было относительно кратковременным. Но коллективная память об этих эксцессах, обычно инициированных скорее учеными, чем партийными деятелями, сохраняется десятилетия и фактически налагает запрет на вопрос о культурных различиях в науке. Действительно, тоталитарные извращения нанесли науке серьезную травму. Более того, остатки позитивизма и возвышение науки до статуса религии содействуют сохранению имиджа науки как нейтральной и универсальной деятельности, не зависимой от культуры.

Многие ученые искали в науке утешения и убежища именно вследствие её постулированной индифферентности к культуре, этнической и религиозной принадлежности. История науки в значительной степени подтверждает этот факт. Националистическое замечание Адольфа Вюртца о том, что «химия — наука французская» или язвительная атака на немецкую науку в публикациях британских и французских ученых во время Первой мировой войны обычно списывались на эмоциональные отклонения. В настоящее же время большинство

---

* Перевод Гапоновой И.С.

специалистов в области истории науки и все возрастающее число ученых принимают идею о существовании культурных, национальных и религиозных аспектов науки, которую поддерживает сравнительный анализ.

Весьма заманчиво сопоставить программы ядерного вооружения в разных странах, поскольку цель всех этих программ была, по существу, одинаковой. Мы сравним ядерные проекты в странах, где эта цель была достигнута, в отличие от аналогичных проектов в Германии, Индии, Израиле, Ираке или Ливии, где ядерные бомбы либо никогда не были созданы, либо их создание не было подтверждено официально. Хотя в практических деталях разработки оружия и имеются различия, программы в значительной степени сопоставимы. В настоящей статье мы сравним культуры, характеризующие эти крупномасштабные национальные устремления в науке и технике.

ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТОВ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Среди общепризнанных создателей атомного оружия СССР, Китай и Франция имели очевидное культурное преимущество, потому что эти страны предпочитали мощную централизованную исследовательскую систему, тесно переплетенную с государственной. Советская научная культура имеет свои истоки в имперском периоде. Петр Великий и большинство его преемников насаждали в стране науку, опираясь на сильное правление с явно выраженным отношением к науке как к стратегическому источнику. Советское правительство при Ленине и Сталине продемонстрировало замечательную преемственность в научной политике, понимая ее так же, как и их имперские предшественники. Центральные научно-исследовательские институты были расширены и усилены; к началу Второй мировой войны была построена настоящая научная империя, а советская наука и ученые приобрели престижность и привилегии как нигде в мире. Лидеры страны, искусно раздувавшие огонь коллективной паранойи по отношению к «капиталистическому окружению», постоянно держали советскую научную систему, как и все остальное советское общество, под жестким контролем. Другими словами, советская система была наилучшим образом подготовлена, с точки зрения культуры, к соперничеству программ по ядерному вооружению.

Как на Китай, так и на Францию действовал пример советской науки. В результате влияния, оказанного Полем Ланжевеном, известным физиком и приверженцем социально-политических экспериментов, проводимых в Советском Союзе, за период до и после Второй мировой войны Франция создала приблизительную, хотя и явно более скромную, копию советской Академии наук. Чтобы централизовать науку как важную сферу деятельности, которая могла бы в конечном счете принести пользу всему обществу, был образован национальный научно-исследовательский центр, известный больше в виде французского акронима CNRS. При этом Ланжевен исходил из сложившейся в течение нескольких столетий французской традиции государственного патронажа над наукой.

В Китайской Народной Республике существовала система, фактически заимствованная у СССР вместе с помощью тысяч советских консультантов, хлынувших в страну после коммунистического переворота 1949 года. Несмотря на то, что эта система, основанная Советами, претерпела некоторые изменения в 1960-х годах, по существу она сохранила свой централизованный характер.

Две англоязычные страны ядерного клуба не имели серьезных культурных предпосылок для создания централизованных засекреченных научных предприятий, находящихся под эксклюзивным военным контролем. В Великобритании предшественником проекта атомного оружия являлся радарный проект. Хотя уже во время Первой мировой войны ученые находились на государственной службе, способ их взаимодействия между собой и с правительством сохранял черты, характерные для британской науки предыдущих десятилетий. Аналогично, американский опыт по мобилизации науки и ученых на службу государству был весьма скуден. Привлечение федерального правительства к делам науки было нерегулярно, обычно связано с ведением войны и, что характерно, длилось недолго. Правительство с неохотой шло на заключение официальных соглашений с наукой даже после Второй мировой войны и в период работы Манхэттенского проекта. Потребовалась война в Корее и, позже, запуск Спутника, чтобы заставить правительство США взять на себя основную ответственность за научную деятельность в стране.

КУЛЬТУРНЫЕ ИННОВАЦИИ

Во всех рассматриваемых странах в процессе работы по созданию ядерного оружия возник новый тип лаборатории. Основными характерными признаками новых институций были их большие масштабы и объединение в единое целое до тех пор разделявшихся чистых научно-исследовательских и инженерных дисциплин. Таким образом зародилась Большая Наука с её армиями научных сотрудников и, часто, с огромной материально-технической базой [1]. Из двух сверхдержав Советский Союз в культурном и организационном отношении был, конечно, лучше подготовлен к такой огромной многопрофильной программе.

Физик Лев Коварски, принимавший участие в британском и канадском атомных проектах, как и в послевоенном ядерном проекте Франции, — один из немногих, кто уделил внимание сравнительным аспектам ядерных программ. Он считает, что любая высокоразвитая индустриальная страна может осуществить такие крупномасштабные мероприятия. Но размышляя над американским проектом, он отмечает, что для его успеха понадобилось благоприятное стечение ряда обстоятельств, а именно: наличие высокоразвитой индустрии, стимулированной к тому же военными действиями, и отсутствие иностранной оккупации [2]. Для каждой в отдельности нации выгодные и неблагоприятные обстоятельства складывались, приводя к суммарному результату. Любой фактор, взятый отдельно, как например, наличие определенной промышленности, которую можно было бы использовать, или отсутствие

научных традиций, сам по себе не мог решить исход программы ядерного вооружения. Это проливает свет на ситуацию в менее развитых странах, которые начали разрабатывать ядерные программы в последние десятилетия. В дальнейшем, после рассмотрения основных культурных особенностей этих крупномасштабных исследовательских проектов, мы проанализируем распространение Большой Науки, обращая особое внимание на две страны, ядерные проекты которых относительно мало обсуждались в исторической литературе: Францию и Китай.

Важной характерной чертой ядерных программ было наличие общей цели, объединяющей всех работающих над созданием ядерного оружия. Всепоглощающая заинтересованность в общих достижениях часто брала верх над социальным расслоением участников проектов. Дух сопричастности к общему делу, *esprit de corps* (*дух корпорации* — франц.), был развит, по-видимому, во всех рассмотренных программах, несмотря на существенные различия между национальными культурами. Это позволяет предполагать, что работа командой, обязательная в проектах такого рода, порождает определенные элементы культуры даже в тех случаях, когда они расходятся с укоренившимися гражданской и военной традициями. «К счастью, — отмечает Коварски, — часто возникает атмосфера близости, при которой допускаются некоторая нестрогость и размытость иерархической структуры» [3]. Ставшие в последнее время доступными воспоминания показывают, что подобную ситуацию можно было наблюдать и в советской программе, находившейся, как хорошо известно, под контролем Лаврентия Берии, сталинского приспешника, которого едва ли можно назвать либеральным социалистом. В случае Советского Союза ослабление иерархических и других норм контроля имели важные последствия. Ученые стали осознавать, что они, возможно, являются единственной группой во всем Советском Союзе, которая стала незаменимой для советского руководства. Получение такого исключительного статуса привело позднее к появлению среди ученых политических диссидентов, что в свою очередь играло важную роль в распаде Советского Союза [4]. Ученые сделали большой вклад в получение Советским Союзом статуса сверхдержавы, но они также и расшатали общественные устои режима, которые помогали его поддерживать.

Ученые-ядерщики не только приобрели материальные и почетные привилегии, но и стали достаточно могущественными, чтобы защищать арестованных или сосланных ученых. Генетики, пострадавшие от кампании, развязанной Лысенко, были возвращены из Гулага, и им предоставили профессиональную и хорошо оплачиваемую работу в спасительной тени атомного проекта. Это один из многих примеров ослабления господствующей идеологии под влиянием ядерного императива.

Режимы с централизованной системой стремятся скорее сконцентрировать усилия, нежели поощрять или даже просто допускать конкуренцию. Вера в гениальность Вождя и господствующей идеологии делали неуместным, более того — крамольным — даже предположение плюрализма в какомлибо деле. Колоссальные инженерные ошибки были допущены в Советском Союзе в результате такого отношения, когда одновременная разработка альтернативных подходов осуждается как «расточительное дублирование усилий» [5].

Оказывается, однако, что советский ядерный проект обладал иммунитетом к запрету на «дублирование усилий». Дублирование научных разработок наблюдалось во всех исследовательских проектах. Никто не решался «положить все яйца в одну корзину» в такой ответственной программе. Конкуренция считалась желательной, — это являлось общим моментом рассматриваемых проектов ядерного вооружения.

Многопрофильность была другой общей чертой, присущей проектам ядерной бомбы. Физикам и химикам пришлось работать вместе месяцы и годы. Это противоречило не только традициям университетской организации, но также не соответствовало сложившейся строго по дисциплинам структуре академической науки во Франции и Китае. Вместе с тем это было реминисценцией созданных Сталиным ведущих исследовательских институтов прикладного характера (так называемых отраслевых институтов), в которых были сконцентрированы громадные человеческие ресурсы по разным научным дисциплинам. Существенной чертой новых крупномасштабных лабораторий, работающих над ядерным оружием, была необходимость проводить одновременно и фундаментальные, и прикладные исследования, и часто — одними и теми же учеными.

За время войны было ясно осознано, что необходимы лаборатории, где ученые, работающие над намеченными проблемами, в то же время сохраняли бы их академический и независимый образ мышления. Ярким примером сложностей, возникающих из-за несовпадения личных научных интересов и официально поставленной задачи, явилась ожесточённая полемика между Эдвардом Теллером и Робертом Оппенгеймером во время работы по Манхэттенскому проекту. Теллер настаивал на своем праве выбирать самому исследовательские приоритеты и желал работать над реакцией синтеза, а не над реакцией деления. Действительно, специалист в области британской ядерной истории Маргарет Гауинг рассматривает концепцию «исследований по интересам» как ключевой элемент в успехе больших перспективных проектов. Такие исследования являются «мёдом, без которого не было бы пчёл» [6].

Существуют определенные свидетельства того, что советские и даже китайские ученые пользовались относительными привилегиями. Известно, что некоторые ведущие ученые совмещали свою работу по советскому проекту ядерного оружия с обычными исследованиями в АН СССР. Уважение к чистой науке, унаследованное от российской имперской академии и усиленное сайентизмом, включенным в советскую коммунистическую доктрину, проявилось в свободе, которой пользовалась небольшая группа ядерщиков, чтобы самостоятельно выбирать направления своих исследований.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Бремя организационной структуры, независимо от ее гибкости, все равно создает неудобства для профессиональных ученых, привыкших действовать как независимые мелкие собственники или феодальные князья, устанавливающие свои собственные отношения с центральной властью. Бертран Рассел когда-то определил основное противоречие современной истории дилеммой

«свобода или подчиненность системе». Эта проблема ощущалась с особенной остротой в проектах ядерного оружия.

Для решения вызывающей благоговейный трепет стратегической задачи приходилось импровизированно создавать стили управления. Оппенгеймер и Курчатов, отцы атомной бомбы в США и Советском Союзе, оказались достаточно гибкими, чтобы удовлетворить потребности высоко-индивидуалистичного научного сообщества, создав для его управления чуткий и лабильный аппарат, который в то же время был достаточно жестким, чтобы выполнять задачи военных, остававшихся, по существу, вне этой системы. Успех программ ядерного вооружения зависел от союза высокой политики с Большой Наукой [7]. Может показаться удивительным, но в Советском Союзе отношения между учеными, возглавлявшими ядерный проект, и высшим политическим руководством были, видимо, даже более близкими, чем в Британии и США [8]. Объяснение этого удивительного факта лежит, возможно, в сочетании высокой степени мобилизации советского общества и традиционно сложившегося в СССР уважения к выдающимся ученым. Оппенгеймер в большинстве случаев отчитывался перед генералом Гровсом, в то время как Курчатов рапортовал Берии, существенно более могущественному государственному лицу. Более того, на самых ответственных этапах создания А-бомбы Сталин, как правило, лично получал еженедельные сообщения от Курчатова. Такой тесный контакт с властями был ключом к успеху высокоприоритетной особой исследовательской программы в Советском Союзе. Личное участие высших политических лидеров было в СССР, возможно, наиболее эффективным способом внедрения технологических новшеств [9].

В странах, создавших атомную бомбу, необходимость работы в ряде институтов и заводов по военной тематике почти всегда требовала проведения в них основательных изменений. Специфика военной задачи диктует строгую секретность, сокращение научных связей и ограничения в распространении результатов исследований. Например, требование к ученым Манхэттенского проекта носить военную форму вызвало серьезный спор, и только дипломатия Оппенгеймера предотвратила его перерастание в крупный конфликт. Потребовалось также решительное вмешательство последнего, чтобы найти компромисс в вопросе об изоляции научных работ, проводимых для военных, что было вызвано необходимостью увеличения секретности. Конфликты с управленческим аппаратом были более открытыми в США и Британии. Это не означает, что они обязательно были более острыми, чем в СССР, Франции и Китае, но в открытых обществах вследствие многообразия культурных и политических взглядов конфликт приобретает бульшую известность. По прошествии нескольких десятилетий можно сделать вывод, что во всех обсуждаемых странах первоначально было трудно осуществить крупномасштабную кооперацию физиков и военных из-за их чрезвычайно отличающихся культур. Однако, опыт проектов ядерного оружия установил традицию взаимопонимания и открыл эру преисполненного энтузиазмом симбиоза, который процветал на протяжении Холодной Войны. Сатирический фильм «Д-р Стрейнджлав» стал, возможно, наиболее ярким изображением этого симбиоза.

БОМБА ДЛЯ ГЕКСАГОНА

Развитие Франции, которую французы обычно называют Гексагоном, привело к более сильно расслоенному обществу, чем в Британии или в Соединенных Штатах. Поэтому вполне естественно, что во Франции имелась более четкая, чем в англосаксонских научных обществах, граница между чистыми и прикладными исследованиями [10]. Задача создания французской атомной бомбы была дополнительно осложнена глубоким взаимным недоверием между университетами и деловыми кругами, недоверием, которое во Франции только начало исчезать к концу этого столетия. Ещё одно затруднение создавала сильная традиция индивидуализма, которая порождала нежелание корректировать личные приоритеты ради интересов коллектива [11].

Традиционный централизм французской науки означал тесную связь с высшими кругами правительства и большую возможность быстрой инвестиции в проект ядерного оружия со стороны государственного и индустриального секторов. В то же время, благодаря исследованиям, проведенным во Франции в конце 30-х годов, Франция была в определенном смысле интеллектуальным лидером. По словам британского физика П.М.С. Блэкетта, «если бы не помешала война, первая в мире самоподдерживающаяся цепная реакция была бы получена во Франции» [11]. Война, ускорившая американские разработки атомной бомбы, затормозила работу Фредерика Жолио-Кюри, по праву считающегося выдающимся физиком, мужа Ирэн Кюри, члена династии пионеров-ядерщиков. Лео Сцилард подтвердил оценку Блэкетта: «Если бы его (Жолио) работа не была прервана, он мог бы опередить нас в этом деле...» [12].

Сразу же после войны ядерные амбиции Франции были оттеснены в сторону в связи с необходимостью восстанавливать страну, сильно разрушенную в результате военных действий на ее территории. В отличие от Советского Союза, экономике и населению которого был нанесен намного больший ущерб, Франция в течение более чем десяти лет не могла мобилизовать скудные ресурсы для осуществления проекта ядерного оружия. Эту «отсрочку» объясняют несколько причин. Во-первых, будучи страной демократической, Франция должна была обеспечить продовольствием свое население и не могла поэтому вкладывать значительные средства в ядерный проект. Во-вторых, в результате плана Маршалла ее промышленность была быстро «поймана в сети» американских и других международных корпораций, что ограничивало свободу её манёвров. В-третьих, Франция оказалась под ядерным зонтом США, поэтому у нее не было жесткой необходимости защищать себя от ядерного противника. В результате успешное завершение французского ядерного проекта пришлось на время возрождения французского национализма под руководством генерала де Голля, ставшего в 1959 г. президентом республики. Но основное различие Франции и СССР лежит в тоталитарной природе советского общества, которое создало непомерно дорогую бомбу за четыре года, в то самое время когда советский народ страдал от нищеты и разорения.

Французской бомбе пришлось также подождать, пока не будут устранены политические расхождения во взглядах ученых. Франция, обладавшая наиболее

централизованной (и стремившейся подражать советской) научной системой в Западной Европе, должна была бы легко выдвинуть сильного научного лидера, который мог бы взять на себя ответственность за программу ядерного оружия. Действительно, Жолио-Кюри обладал таким большим авторитетом в области ядерной физики, что только этого было бы достаточно, чтобы сделать его «естественным отцом» французской бомбы. Однако, убежденный коммунист, он был против создания бомбы, которая могла быть использована против Советского Союза. Более того, его преданность политическим идеалам, а отсюда — и угроза для секретности, — вынудили бы любое французское правительство выступить против его участия в проекте.

Таким образом, чтобы создать французскую бомбу, при отсутствии «естественного отца» пришлось искать «искусственных отцов», которые могли бы постепенно построить мост через пропасть, существовавшую между «чистыми» учеными и инженерами. В основном это должен был осуществить горный инженер Пьер Гийома (Pierre Guillaumat), назначенный в 1951 г. главой Комиссариата по атомной энергии Франции (CEA). Он был предан делу проекта ядерной бомбы и, по-видимому, одержим секретностью и контролем за информацией [13]. Будучи «политическим директором» CEA, он делил власть с директором научным. Это мешало ученым получить в CEA абсолютную власть. Сложившаяся в результате система заставляет вспомнить о комиссарах-коммунистах в Советской Армии и промышленности, контролировавших специалистов-профессионалов, находившихся под политическим подозрением у постоянно опасавшихся лидеров страны. CEA избежал также государственного финансового контроля, что совершенно необычно для демократической страны, и это фактически обеспечило ядерному проекту бюджетную автономию [14]. Программа ядерного оружия привела к возникновению новых отношений между наукой и государством, что изменило обычное функционирование и того, и другого. Когда первая французская атомная бомба была получена и испытана в 1960 г., как для научного, так и для военного истеблишмента стало привычным избегать демократического контроля со стороны народа. Такова была неденежная плата за создание французской атомной бомбы, и в этом заключалось существенное последствие программы ядерного вооружения для культуры страны.

БОМБА В РАЗГАР РЕВОЛЮЦИИ

В коммунистическом Китае в первое десятилетие нового режима наука интенсивно развивалась благодаря огромному вливанию средств, оборудования и персонала из Советского Союза. Административная структура китайской науки также была первоначально скопирована с советской. Это облегчало передачу технологий из СССР в Китай, что помогало восстановить сильно разрушенную промышленную инфраструктуру страны. Китайские исследования, связанные с ядерным вооружением, были начаты в 1957 г. в Институте физики и Институте атомной энергии в Пекине в соответствии с советско-китайским двусторонним соглашением. Советы должны были предоставить

Китаю образец атомной бомбы и технические данные, касающиеся её конструкции. Это соглашение было наследием сталинской внешней политики и Советы двумя годами позднее его отменили. Таким образом, Китай был вынужден продолжать свою ядерную программу без иностранной помощи, но с инспирированным Советами управлением науки, хорошо подходящим для решения военных проблем [15]. Во многих отношениях культура китайской ядерной программы походила на советскую. Одно из различий между двумя ядерными проектами заключалось в том, что для строительства ядерных установок Китай почти исключительно использовал воинские строительные подразделения, а не заключенных Гулага, хотя это отличие относится скорее к терминологии, а не к существу [16].

Инициатива создания бомбы исходила от ученых. Для того, чтобы побороть исторический антиинтеллектуализм Партии и зажечь воображение китайского руководства, был необходим ученый, являющийся сильной личностью. Тот факт, что о создании бомбы в других странах было уже известно, существенно помог такому ученому, Тянь Саньтяну (Qian Sanqiang), убедить Мао. Когда проект был уже начат, то для преодоления бюрократической инерционности, характерной для администрации коммунистического Китая, приходилось поощрять лояльность и личные связи. Более того, приходилось привлекать влиятельных покровителей с безупречным революционным прошлым, чтобы защитить персонал от потрясений культурной революции. Таким образом были созданы спасительная гавань и профессиональная солидарность среди водоворотов бушующих революционных сражений. Это обеспечило ключевой момент успеха, а именно, самоотверженное сотрудничество всех работающих над ядерным проектом.

Точно так же, как в сталинском Советском Союзе, в Китае проект атомной бомбы являлся сильнейшим фактором в защите от идеологических нападок на физику и вообще на науку. Несмотря на происходившую тогда культурную революцию, китайцы ввели в практику всемирно принятые стандарты науки и технического исполнения. Чтобы создать бомбу, им также пришлось отказаться от привычной работы маленькими группами и объединиться в крупномасштабную исследовательскую рабочую команду [17].

Для того, чтобы использовать и вдохновить на работу в определенной степени ненадёжных интеллектуалов, понадобилась некоторая модификация революционной модели. Однако, концентрация интеллектуальных и денежных средств была вполне естественна в нищем обществе с недостаточно развитой промышленностью, особенно в обществе, управляемом абсолютным лидером. В ранней программе Китая военные имели большее влияние, чем в Советском Союзе. Частично это было обусловлено более значительным авторитетом, завоеванным Академией наук и её членами в ходе советского ядерного проекта. Когда китайцы создавали атомную бомбу, сторонники революции вызывали страх у интеллигентов страны, многие из которых окончили свою жизнь в ссылке в деревне или ещё хуже. По сравнению со своими советскими коллегами, китайские ядерщики были более глубоко интегрированы в престижные правящие круги, связанные со стратегическим вооружением [16].

Это частично может объяснить, почему китайский ядерный проект не породил больших политических разногласий. Возможно, более важной причиной того, что в китайских научных кругах не распространилось инакомыслие, было отсутствие таких традиций, как у русской интеллигенции, служившей добровольным посредником между народом и властями. Этот побочный продукт прогресса был практически неизвестен в Китае, где ученый традиционно служил государству, стремясь подняться по административной лестнице, и, подобно другим претендентам, был равнодушным к массам, остававшимся далеко позади, на другой стороне социального водораздела.

Воодушевление и солидарность, отмеченные нами в других атомных проектах, могут быть обнаружены и в китайском проекте. В то время, как на словах лицемерно признавалась мудрость бессмертных идей Мао, на практике принятие научных и технических решений в значительной степени было предоставлено специалистам. Ядерное вооружение Китая резко контрастировало с политической системой страны, при которой аполитичные специалисты редко могли получить такую степень свободы и инициативы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание атомной бомбы продемонстрировало реальное существование Большой Науки во всех странах, разрабатывавших атомный проект, и привело к ряду последствий, выходящих за пределы собственно гонки вооружения. Стремление овладеть бомбой влияло на идеологические убеждения и политическую деятельность во всех странах. При демократических режимах проекты ядерного оружия проявили черты, не соответствующие установившимся традициям отчётности перед общественностью. Национальным проектам атомной бомбы давали максимальный бюджетный приоритет более или менее секретным образом в тех странах, в которых такие расходы обычно требовали одобрения при открытом обсуждении. За исключением, возможно, Китая, все руководители проектов ядерного оружия столкнулись с одинаковыми проблемами, потому что они пытались интегрировать ученых-ядерщиков в относительно более жесткие военные структуры. Беспрецедентным фактом являлось то, что во всех странах ученые получили прямой доступ к высшему политическому руководству. Эти явления способствовали устранению колоссальной разницы между ядерными демократическими странами Запада и их тоталитарными противниками на Востоке. В то же самое время острая необходимость разработки ядерного оружия способствовала появлению некоторой идеологической гибкости режимов, жестких в других отношениях, таких, как сталинский режим в Советском Союзе или маоистский в Китае. Неудивительно, что Андрей Сахаров, отец советской водородной бомбы, был одним из первых советских мыслителей, высказавших идею политического сближения Востока и Запада, которое он считал неизбежным с точки зрения технологического императива этого столетия [18].

Проекты ядерного вооружения показали также миру, что высокоразвитая наука и совершенная технология могут развиваться в бедной в других отношениях среде. Этот «триумф воли», так характерный для доминирующей морали

в Советском Союзе и Китае, воодушевил множество авторитарных и тоталитарных развивающихся стран, таких как Аргентина, Бразилия или Ирак, направить скудные имеющиеся ресурсы в свои собственные высокотехничные военные проекты, большинство из которых окончились неудачно. Таким образом, гонка ядерного вооружения не только привела к культурным инновациям в странах ядерного клуба, но и оказала значительное влияние на страны далеко за пределами этого сообщества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dominique Pestre, «Les physiciens dans les sociйtйs occidentales de l'apres-guerre. Une mutation des pratiques techniques et des comportements sociaux et culturels», Revue d'histoire moderne et_contemporaine, 39-1, janvier-mars 1992, pp. 71-72.
2. Lew Kowarski, «Psychology and Structure of Large-Scale Physical Research», первоначально опубликовано в Bulletin of the Atomic Scientists, May 1949, повторно — в Lew Kowarski, Reflйxions sur la science — Reflections on science, Geneve: Institut Universitaire de Hautes Etudes Internationales, 1978, p. 152.
3. Там же.
4. Yakov M. Rabkin, «Scientific and Political Freedoms», Technology in Society. Vol. 13, 1991, pp. 53-68.
5. Loren R. Graham, The Ghost of the Executed Engineer:Technology and the Fall of the Soviet Union, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994.
6. Margaret Gowing, Independence and Deterrence. Britain and Atomic Energy, 1945-1952. Vol. 2: «Policy execution», London: Macmillan, 1974, p. 212.
7. John Wilson Lewis and Xue Litai, China Builds the Bomb, Stanford, CA: Stanford University Press, 1988, p. 229.
8. David Holloway, in Margaret Gowing and David Holloway,Government and Science in Great Britain,_the United States and USSR (audio document).
9. Yakov M. Rabkin, «Cultures of Technological Innovation in Russia», in: Corsi, C., ed., Science and Innovation as Strategic Tools for Industrial and Economic Growth, Dordrecht: Kluwer, 1996, pp. 35-50.
10. Доминик Пестр отметил основное различие, существовавшее до середины 50-х годов в мировоззрениях европейских ученых и инженеров, в особенности, во Франции, что мешало легкой интеграции в широкомасштабные исследовательские проекты. Dominique Pestre, процитированная работа [1], p. 72.
11. См. Louis Leprince-Ringuet, Des atomes et des hommes, Paris: Gallimard, 1966, p. 124. [11] процитировано в: Spencer R. Weart, Scientists in Power, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979, p. 150.
12. Там же.
13. Peter Pringle and James Spigelman, The Nuclear Barons, New York: Avon Books, 1981, pp. 131, 134.
14. Samy Cohen, «Les peres de la bombe atomique fransaise», L'Histoire, No. 117, dйcembre 1988, pp. 25-26.
15. Wendy Frieman, «China's Military R&D System: Reform and Reorientation», in Denis Fred Simon and Merle Goldman, ed., Science and Technology in Post-Mao China, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989, pp. 261-264.
16. John Wilson Lewis and Xue Litai, процитированная работа [7], p. 232.
17. Sidney H. Gould, ed., Sciences in Communist China, Westport, Connecticut: Greenwood Press, Publishers, 1961, p. 640.
18. Andrei D. Sakharov, Progress, Coexistence and Intellectual Freedom, London: A. Deutsch, 1968.

О РАБОТАХ ТАДАИОСИ ХИКОСАКИ*

Фукуи С.

Мне хотелось бы представить Вам Тадаиоси Хикосаку, который в ноябре 1944 г. сообщил о возможности цепного деления U-238 быстрыми нейтронами. В 1935 г. он направил в печать статью «Квантовые состояния нейтронов в ядре». Эта работа была посвящена теоретическим исследованиям нейтронов в ядре, продемонстрировавшим оболочечную структуру ядер. Хикосака скончался в марте 1989 г. в возрасте 86 лет.

Тадаиоси Хикосака родился 25 декабря 1902 года в префектуре Айти, расположенной в центральной части главного японского острова. Когда он вырос, он решил изучать физику. В начале 1920-х годов наиболее развитая и активная физическая школа в Японии находилась в Императорском университете Тохоку в Сендае (350 км севернее Токио). Поэтому Хикосака отправился в Сендай и в 1926 г. окончил Императорский университет Тохоку по специальности «физика». Он был принят в Исследовательскую Ассоциацию и работал в области атомных спектров под руководством профессора Такахаси. При этом он самостоятельно освоил квантовую механику.

С 1934 г. (то есть два года спустя после открытия нейтрона) он теоретически исследовал свойства нейтрона в ядре и полученные результаты опубликовал в японском журнале «Кагаку» в 1934 г. [1]. Затем он обобщил свои идеи в работе «О квантовых состояниях нейтронов в ядре». Он послал эту рукопись в «Physical Review», но редакция отклонила её с неодобрительными замечаниями по поводу сумасшедшей идеи. В те годы любой физик не мог бы принять концепцию, отличную от модели жидкой капли Нильса Бора. Однако, Хикосака был абсолютно уверен в своей идее. Он перевел свою статью на немецкий язык, озаглавив ее «Quantenstufen der Neutronen in Nucleus», и в 1935 г. направил ее в «Научные труды Императорского университета Тохоку» [2]. Это издание не имело широкого распространения в Японии и за ее пределами, поэтому его идея не была замечена не только японскими физиками, но и учеными Европы и Америки.

В 1933 г. Эльзассер отметил [3], что свойства ядра меняются в зависимости от числа протонов и нейтронов. Вигнер описал структуру ядер на основе концепции независимых орбит протонов и нейтронов в ядре [4]

---

* Перевод Гапоновой И.С.

через три года после создания Хикосакой своей теории. Хикосака высказал идею об оболочечной структуре ядра за 15 лет до создания Майер [5] и Йенсеном [6] оболочечной модели.

Это один из поразительных примеров того, как не принимается и даже полностью игнорируется слишком рано выдвинутая пионерская концепция. Точно также статьи Йенсена были отклонены немецким журналом в 1950 г.

В 1939 г. Хикосака был назначен профессором физики в Высшей школе Ямагути и в течение года посещал Осакский Императорский университет с целью изучения современной ядерной физики под руководством профессора Кикути. Во второй половине 30-х годов, используя дейтроны, полученные на ускорителе Кокрофта — Уолтона, Кикути с сотрудниками получил нейтроны, образовавшиеся в D — D реакции, и измерил сечения рассеяния нейтронов на различных ядрах [7]. Их результаты показали наличие зависимости резонансного типа для измеряемых величин от заряда ядра Z. В Колумбийском университете Даннинг также провел измерения сечений рассеяния нейтронов ядрами [8]. Он использовал нейтроны Ra — Be источника. Сравнить непосредственно его результаты с экспериментальными данными Кикути было сложно, поскольку энергии нейтронов отличались, кроме того, Даннинг использовал меньше ядерных мишеней.

Исходя из своей идеи, Хикосака рассчитал эти сечения и показал, что его результаты хорошо согласуются с данными Кикути. Его идея заключалась в том, что падающий нейтрон упруго рассеивается нейтронным потенциалом ядра; под действием этих потенциалов нейтроны претерпевают резонансное рассеяние [9].

В начале 1943 г. Кикути попросил Хикосаку оценить возможность использования ядерной энергии, выделяющейся при делении урана. К тому времени Хикосака был назначен профессором Высшей школы Дай-Ни в Синдае. Он тщательно проанализировал задачу, провел расчеты и устно доложил свои результаты на собрании Физико-математического общества Японии осенью 1943 г. Его более детальные расчеты были представлены на собрании Ядерной секции Комитета научных исследований в ноябре 1944 г. В своем докладе, названном «Использование энергии деления урана», он сообщил, что для избежания трудностей, связанных с разделением изотопов урана и использованием данных по нейтронным замедлителям, он рассчитал механизм реакции деления природного урана при бомбардировке быстрыми нейтронами. Результаты его расчета показали, что цепная реакция деления возможна. Его идея была аналогична той, которая заложена в основе современного реактора-размножителя на быстрых нейтронах.

Хикосака настойчиво просил Кикути продолжать экспериментальные исследования, следуя его расчетам. Однако время, когда он доложил свои результаты, пришлось на осень 1944 г., и Япония, видимо, уже была обречена на поражение. Кикути и члены Комитета Нисина, Тамаки, Саганэ, Асада и другие не имели достаточно времени для более глубокого обсуждения и подробного анализа предложения Хикосаки. Кикути сказал, что слишком поздно идти вперед, чтобы проверять идею Хикосаки и больше уже ничего нельзя сделать. После этого совещание было закрыто в угнетённой атмосфере.

Хотя в то время и царил дух подавленности и обреченности, но все же очень жаль, что никто не оценил и не заметил истинной ценности сообщения Хикосаки. Его расчеты были преданы полному забвению. Хикосака изложил свои детальные расчеты на японском языке, озаглавив работу «Метод использования ядерной энергии». Когда в апреле 1945 г. Хикосака с семьей уезжал в Рёдзун (Люйшунь, Порт-Артур) для работы в Институте технологии, он передал рукопись своему бывшему руководителю Такахаси, профессору Императорского университета Тохоку, для защиты диссертации на степень доктора философии.

В июле 1945 г. в результате бомбардировки в Синдае возникли большие пожары, в одном из которых сгорела и диссертация Хикосаки. Однако, к счастью, Хикосака захватил с собой в Люйшунь одну из рукописных копий.

В октябре 1945 г. Советская Армия приказала японским жителям переехать в Далянь. Для семьи Хикосаки, как для беженцев, наступили очень тяжелые дни. В 1946 г. один из офицеров Советской Армии несколько раз заходил к Хикосаке и приносил с собой кое-что из еды, деликатесы и сладости. Однажды этот офицер сказал, что московские власти предлагают Хикосаке переехать в Москву, куда его приглашают в качестве старшего научного сотрудника для исследовательской работы с советскими учеными в области ядерной физики.

Существует предположение, что советские власти заподозрили, что японское правительство послало Хикосаку в Люйшунь для руководства строительством реактора и создания атомной бомбы с использованием урана из Кореи и Маньчжурии. Возможности подтвердить реальность этого предположения в настоящее время нет.

Хикосака посоветовался со своей женой Кио, должен ли он принимать предложение Москвы. Кио категорически возражала, поэтому он решил этого предложения не принимать. После того, как он сообщил о своем решении этому офицеру, для его семьи наступили трудные голодные дни, потому что удавалось достать очень небольшое количество продуктов.

Жена Хикосаки Кио приклеила каждый лист рукописи его диссертации на внутренней стенке плетеного чемодана, чтобы скрыть их от постороннего внимания. Осенью 1949 г. они вернулись в Сендай, неся с собой этот чемодан. Хикосаке сообщили, что рукопись его диссертации сгорела, когда в университетских зданиях в июле 1945 г. во время налета американских бомбардировщиков произошёл пожар. Он немедленно переписал сохраненную копию и представил ее в Университет Тохоку в качестве диссертации. Аттестационная комиссия вынесла решение о присвоении ему звания доктора философии. В начале 50-х годов в Японии все еще сохранялось тяжелое положение в экономике и промышленности, были трудности с жильем и продовольствием. Деятельность Университета также не была возобновлена. В тот момент никто из членов аттестационной комиссии не имел возможности достаточно глубоко проанализировать работу, чтобы осознать истинную ценность его расчетов.

В апреле 1950 г. Хикосака был назначен профессором Университета Ивате и получил звание доктора философии по физике в Университете Тохоку.

В июне 1951 г. он перешёл в Университет в Ниигате, откуда уволился в марте 1968 г. и вернулся в Синдай. В апреле 1968 г. он получил работу в Университете Тохоку Гаку-ин, а жил в Тагайо, в 15 км восточнее от Сендая. Он уволился оттуда в марте 1978 г. Хикосака ушел из жизни в 19:40 27 марта 1989 г. в возрасте 86 лет, оставив свою жену, четверых сыновей и троих дочерей.

В 1992 г. Японское общество атомной энергии выпустило специальный номер своего журнала к пятидесятилетней годовщине получения цепной реакции. В нем была напечатана диссертация Хикосаки, а инженер по атомным реакторам Кацураги сообщил результаты своей проверки расчетов Хикосаки [10]. Кацураги дал следующую оценку ситуации. Вследствие военного положения, с 1940 г. в Японию не поступали иностранные журналы, поэтому Хикосака не мог иметь для своих численных расчетов достаточно данных, таких, например, как сечения деления урана на быстрых и медленных нейтронах, энергетические спектры нейтронов деления и т.д. Кроме того, в начале сороковых годов у японских ученых не было электронных, и даже электрических вычислительных машин, поэтому, чтобы получить численные значения, им приходилось вести расчеты вручную, подбирая каждую величину по таблицам функций. Хикосака предложил несколько приближенных уравнений для условий, позволяющих дать оценку вероятности деления. Метод Хикосаки абсолютно аналогичен современному методу проведения оценок для реакторов. Значения среднего числа нейтронов деления, найденные Хикосакой, не слишком сильно отличаются от величин, полученных современными детальными расчетами. Таким образом, расчеты Хикосаки 1944 года показали принципиальную возможность реактора-размножителя на быстрых нейтронах.

Перед тем, как Японское общество атомной энергии выпустило специальный номер своего журнала к пятидесятилетию цепной реакции, Кимура сообщил о проведенной им проверке расчетов Хикосаки, давшей в результате те же самые оценки [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Hikosaka, Tadayoshi: «Magnetic moment of neutron.» Kwagaku, Iwanami , **4** (1934) 141, in Japanese. «Mass defect of nucleus.» *ibid.* 232. «Structure of neutron in nucleus.» *ibid.* 460.
2. Hikosaka, Tadayoshi: «Quantenstufen der Neutronen im Kerne.» Sci. Rep. Tфhoku Imperial University, **24** (1935) 208.
3. Elsasser, W.M.: «Sur le principle de Pauli dans les noyaux.» J. Phys. Rad. **4** (1933) 549.
4. Feenberg, E. and Winger, Eugene:«On the structure of the nuclei between helium and oxygen.» Phys. Rev. **51** (1937) 95. Winger, Eugene: «On the structure of nuclei beyond oxygen.» *ibid.* 947.
5. Mayer, Maria Guppert: «On closed shells in nuclei. II.» Phys. Rev. **75** (1949) 1969. «Nuclear configuration in the spin-orbit coupling model. I. Empirical evidence.» *ibid.* **78** (1950) 16. «Nuclear configuration in the spin-orbit coupling model. II. Theoretical considerations.» *ibid.* 22.

6. Haxel, Otto, Jensen, J. Hans Danial and Suess, Hans E.: «On the «magic numbers» in nuclear structure.» Phys. Rev. **75** (1949) 1766. Haxel, Otto, Jensen, J. Hans Danial and Suess, Hans E.: «Modellmдssige Deutung der ausgezeichneten Nukleonenenzahlen im Kernbau.» Zeit. fьr Phys. **128** (1950) 295.
7. Kikuchi, Seisi and Aoki, Hiroo: «The scattering of fast neutrons by atom.» Proc. Phys. Math. Soc. Jpn., **21** (1939) 40 and 75. Kikuchi, S., Aoki, H. and Wakatuki, T.: «On the angular distribution of the fast neutrons scattered by the atoms.» *ibid.* 410.
8. Dunning, John R.: «The emission and scattering of neutrons.» Phys. Rev. **45** (1934) 586.
9. Hikosaka, Tadayoshi: «Elastic scattering of fast neutrons.» Kwagaku, Iwanami, **9** (1939) 198. In Japanese.
10. Katsuragi, Manabu: «Interpretation of Hikosaka's calculation and its significance.» J. At. Energy Soc. Japan, **34** (1992) Suppl. 12. In Japanese.
11. Kotashima, Hisaya and Kimura, Motoharu: «Introduction of Hikosaka's dissertation.» J. Phys. Soc. Japan **47** (1992) 993. In Japanese.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЯПОНИИ. НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП*

Фудзи Х, Кояма Х.

1945

— Хиросима и Нагасаки подвергнуты атомной бомбардировке. 15 августа капитулировала Япония. Ставка главного командования и Главнокомандующий союзными войсками (SCAP/GHQ) взяли под контроль информацию об атомной бомбе.

— Войска США разрушили два циклотрона Института физических и химических исследований (RIKEN), чтобы не допустить исследований по ядерному оружию.

1947

— Дальневосточный комитет официально запретил любую исследовательскую деятельность по ядерной энергии.

1950

— Американское философское общество (APS) предоставило 0,4мКи радиоизотопа сурьмы Sb-125 для исследований в области сельского хозяйства, промышленности, медицины и науки.

1953

— Президент США Эйзенхауэр выступил с сообщением «Атомы для мира» на Генеральной Ассамблее Объединенных Наций. Эта речь привела к снятию запрета на исследования и производство ядерной энергии в Японии.

---

* Перевод Гапоновой И.С.

1954

— Центральный исследовательский институт электроэнергетической промышленности (CRIEPI) организовал общий контроль за производством ядерной энергии. В дальнейшем эта деятельность привела к образованию Японского форума атомной промышленности (JAIF).
— В марте на атолле Бикини проведены испытания водородной бомбы (испытания «Браво»). Рыболовное судно «Фукурю мару — 5» («Счастливый дракон — 5») было подвергнуто воздействию радиации водородной бомбы в 140 км восточнее атолла Бикини (Маршалловы острова) за пределами зоны риска.
— 20-го марта проф. Кимура идентифицировал в пепле U-237. Это сообщение позволило выявить природу бомбы, сброшенной во время испытаний «Браво».
— 23 сентября умер от лучевой болезни мистер Кубояма, член судового экипажа. Он стал первой жертвой радиации после войны. Огромный улов тунца без видимого серьезного повреждения пришлось уничтожить.
— Парламент предложил выделить денежные средства на ядерные исследования в размере 235 миллионов йен.

1955

— В Вашингтоне (федеральный округ Колумбия) подписано японо-американское соглашение по атомной энергии.
— Основан Японский исследовательский институт атомной энергии (JAERI).
— Введен в силу Основной закон по ядерной энергии. Согласно этому закону, исследование, получение и применение атомной энергии должны быть ограничены мирными целями, направлены на обеспечение безопасности и должны выполняться независимо, под демократическим руководством. Результаты должны быть открытыми для международного сообщества. Эти принципы действуют до сих пор и должны осуществляться в будущем.
— В августе ООН провела Первую международную конференцию по мирному использованию атомной энергии. Представленные на конференции доклады явились фундаментальным учебным пособием для изучения ядерноэнергетической технологии того времени.

1956

— Образованы Японская комиссия по атомной энергии, Японский форум атомной промышленности (JAIF) и Корпорация атомного топлива (AFC, позднее — PNC). Деятельность JAIF включала взаимный обмен информацией и опытом, по аналогии с AIF в США. Сфера деятельности AFC включала создание и поставку ядерного топлива для отечественных реакторов.
— Япония стала членом Международной ассоциации атомной энергии (IAEA).
— JAIF и Японская радиоизотопная ассоциация (JRIA) провели в Токио конференцию по радиоизотопам.
— В университете города Токай начали читать курс лекций по ядерной технологии.

1957

— Японский исследовательский реактор-1 (JRR-1) в JAERI достиг критического режима.
— Образованы Национальный институт радиологии (NIRS) и Японская компания атомной энергии (JAPC).

1959

— Получен отечественный «желтый кекс» из руды, добытой в Ningyohtohge .

1960

— Начато сооружение реактора Токай-1 (GCR[1], 166 МВт (эл.), коммерчское использование с 1966 г.) и демонстрационного реактора JPDR (BWR[2], 120 МВт (эл.), принят комиссией в 1965 г.).

В этот период основной работой, направленной на построение фундамента для дальнейшего развития, было создание системы институтов и исследовательских организаций. Реакторы GCR, BWR и PWR[3] были импортированы, соответственно, из Великобритании и США. Это был период освоения развитых технологий передовых стран.

Эта деятельность привела к созданию современной ядерной энергетики в Японии. На 1996 г. в стране имеется 49 работающих реакторов (BWR-27, PWR-21, GCR-1). Суммарная установленная мощность составляет 41,191 МВт (эл.).

ХРОНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЯПОНИИ

1945 — 08 Атомная бомбардировка Хиросимы и Нагасаки.
1945 — 09 SCAP/GHQ берут под контроль информацию по атомной бомбе.
1945 — 11 Войска США разрушили циклотроны RIKEN.
1947 — 01 Дальневосточный комитет запретил исследования по ядерной энергии.
1950 — 04 США предоставили радиоизотопы для ведения исследовательских работ.
1954 — 03 «Счастливый дракон -5» подвергся воздействию радиации при испытании водородной бомбы («Браво»).
1954 — 03 Проф. Кимура обнаружил в пепле U-237.
1954 — 03 Парламент утвердил бюджет для ядерных исследований в размере 235 миллионов йен.

---

1 GCR (gas-cooled reactor) - ядерный реактор с газовым охлаждением. *(Прим. ред.)*
2 BWR (boiling water reactor) - ядерный реактор с кипящей водой. *(Прим. ред.)*
3 PWR (pressurized water reactor) - реактор с водой под давлением. *(Прим. ред.)*

1954 — 09 Мистер Кубояма умер от лучевой болезни.
1954 — 12 CRIEPI начал контролировать работы по ядерной энергии.
1955 — 11 Подписано и введено в действие японо-американское соглашение по вопросам атомной энергии.
1955 — 11 Образован JAERI.
1955 — 12 Введен в действие Основной закон по ядерной энергии.
1956 — 01 Образована Комиссия по ядерной энергии.
1956 — 03 Создание Японского форума атомной промышленности (JAIF).
1956 — 04 В университете города Токай введен курс ядерной технологии.
1956 — 08 Образована Корпорация атомного топлива (AFC, позднее — PNC).
1956 — 08 JAIF и JRIA провели конференцию по радиоизотопам.
1956 — 10 Вступление в IAEA.
1957 — 03 Образован NIRS.
1957 — 08 На реакторе JRR-1 достигнут критический режим.
1957 — 11 Образована JAPC.
1959 — 07 AFC (позднее — PNC) произвела 1,5 кг отечественного «желтого кекса».
1960 — 03 JAPC начала строительство реактора Токай-1 (GCR, 166 МВт (эл.)).
1960 — 12 Началось строительство реактора JPDR (BWR, 12 МВт(эл.)) в JAERI.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Table of Nuclear Energy Development in Japan», JAIF, Nov.1986.
2. «Nuclear Development History from 1956 to 1985», Japan Atomic Energy Relations Organization. 1986.
3. «Peaceful Use of Nuclear Power: Development of Nuclear Power and Nuclear Fuel Cycle», Mass Communication Study Group, 1985.
4. «Nuclear Hostage» by Bernard J. O'Keefe, 1983.

Приложение 3

БИОГРАФИЧЕСКИЕ СПРАВКИ АВТОРОВ ДОКЛАДОВ ИСАП-96*

1. ***Абакумов Александр Сергеевич.*** Р. 1932 г. К. х. н. В 1955 г. окончил МХТИ им. Д. И. Менделеева, инженер-технолог. С 1977 г. работает ученым секретарем ВНИИНМ им. А.А. Бочвара. Область научных интересов: физико-химия, тензометрия и термохимия металлов и соединений, источники излучений, тепла и энергии и их технология.
2. ***Адамский Виктор Борисович.*** Р. 1923 г. Д-р ф.-м. н., лауреат Ленинской премии. Участник ВОВ. Гл. научный сотрудник РФЯЦ ВНИИЭФ, г. Саров Нижегородской обл. Один из разработчиков советской 50-мегатонной водородной бомбы, испытанной на Новой Земле 30 октября 1961 г. Сыграл важную роль при подготовке Договора 1963 года о запрещении ядерных испытаний в трёх средах.
3. ***Александров Пётр Анатольевич.*** Р. 1943 г. Д-р ф.-м. н., физик-теоретик. В 1967 г. окончил физфак МГУ им. М. В. Ломоносова, с 1970 г. работает в РНЦ «Курчатовский институт». Директор Института информационных технологий. Основные научные интересы — в области физики поверхности.
4. ***Альтшулер Борис Львович.*** Р. 1939 г. Физик-теоретик, к. ф.-м. н., ст. научный сотрудник. В 1962 г. окончил физфак МГУ, с 1987 г. работает в Отделении теоретической физики им. И.Е. Тамма ФИАН им. П.Н. Лебедева. Является зам. председателя общественной комиссии по увековечиванию памяти академика А.Д. Сахарова. Участник правозащитного движения.
5. ***Альтшулер Лев Владимирович.*** Р. 1913 г. Физик-экспериментатор, д-р ф.-м. н., лауреат Ленинской премии. Работал в Арзамасе-16 с 1947 г. Один из основных разработчиков советского атомного оружия. В наст. время работает в Институте высоких температур РАН.
6. ***Антонов Геннадий Иванович.*** Р. 1932 г. К. т. н., лауреат Государственной премии СССР. В 1955 г. окончил МХТИ им. Д. И. Менделеева. Зам. гл. инженера ЭМЗ «Авангард». Область научных интересов и исследований: радиохимия и изотопное производство.
7. ***Барковский Владимир Борисович.*** Р. 1913 г. Герой РФ. Полковник в отставке. В 1939 г. окончил Московский станко-инструментальный институт. В 1940 г. после окончания спецшколы был командирован в Лондонскую

---

* Составил Ю.С. Нехорошев на основании данных, представленных авторами

резидентуру, где в 1941-1946 гг. специализировался по линии НТР. В 1956-1963 гг. — резидент КГБ в Нью-Йорке. В 1963-1969 гг. — зам. начальника Управления НТР. Проф. спецкафедры в Институте разведки (1970-1981).

8. ***Басманов Пётр Иосифович.*** Р. 1926 г. Лауреат Ленинской премии, почётный химик. В 1948-1950 гг. учился во Всесоюзном заочном политехническом институте. В 1942-1946 гг. работал на военном заводе, с 1947 — сотрудник ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, являлся и. о. гл. технолога по фильтрам и фильтрующим установкам.

9. ***Беляев Спартак Тимофеевич.*** Р. 1923 г. Действ. член РАН, физик-теоретик. В 1952 г. окончил физфак МГУ. Директор Института общей и ядерной физики РНЦ «КИ». Председатель Комиссии по синхронному излучению, зам. председателя Комиссии по сотрудничеству в обл. физики между РАН и Национальной Академией наук США. Главные направления научной деятельности — физика ускорителей, физика плазмы, статфизика, теория атомного ядра.

10. ***Березюк Иван Тимофеевич.*** К. т. н. Специалист по экспериментальным методам дистанционных исследований и закономерностей воздействия реакторного облучения на делящиеся материалы. Работает на ПО «Маяк» с 1952 г.

11. ***Бондарев Николай Денисович.*** Р. 1937 г. В 1961 г. окончил МИФИ. Работает в РНЦ «КИ» с 1961 г., в наст. время — директор РНЦ по режиму и защите информации. Руководитель работ по направлениям: системы физической защиты ядерно-опасных объектов, занимается исследованиями по истории атомного проекта.

12. ***Борисов Василий Петрович.*** Р. 1937 г. К. т. н., историк техники, зав. сектором истории техники Института истории естествознания и техники РАН (ИИЕТ РАН). Основные научные интересы: история отечественной техники и научное наследие российской эмиграции.

13. ***Борисов Николай Борисович.*** Р. 1927 г. Д-р х. н. Лауреат Ленинской премии. В 1949 г. окончил МХТИ. С 1950 г. по наст. время работает в ГНЦ НИФХИ, вед. научный сотрудник. Принимал участие в разработке теоретических основ фазового состояния радиоактивных и химич. вредных летучих соединений.

14. ***Бриш Аркадий Адамович.*** Р. 1917 г. Д-р т. н., проф., заслуженный деятель науки и техники России. Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Участник ВОВ. С 1947 г. работал во ВНИИЭФ (Арзамас-16). В 1955 г. переведён в филиал ВНИИЭФ — Всероссийский НИИ автоматики зам. гл. конструктора Н.Л. Духова, а с 1964 г. — гл. конструктор. Участник Пагуошского движения.

15. ***Бурдаков Николай Степанович.*** Д-р т. н., проф. Лауреат Государственной премии СССР. Работает на ПО «Маяк» с начала 1951 года, является вед. научным сотрудником ПО и исполнительным секретарём Уральского отделения Ядерного общества России. Круг научных интересов: разработка и обеспечение безопасности и длительной работоспособности уран-графитовых ядерных реакторов.

16. ***Бутомо Сергей Викторович.*** К. х. н. Сотрудник НПО «Радиевый институт», Санкт-Петербург.

17. ***Визгин Владимир Павлович.*** Р. 1936 г. Д.-р ф.-м. н., ст. научный сотрудник. В 1960 г. окончил МЭИ, в 1968 г. — мехмат МГУ. Зав. сектором истории физики и механики ИИЕТ РАН. Область научных интересов: история и методология физико-математических наук, история советского атомного проекта. Соруководитель Московского семинара по истории атомного проекта.

18. ***Виноградова Лориана Донатовна.*** В 1959 г. окончила МХТИ им. Д.И. Менделеева. С 1976 г. работает в ГЕОХИ РАН им. В.И. Вернадского. Является организатором и хранителем музея академика А.П. Виноградова, одного из активных участников советского атомного проекта.

19. ***Владимирова Майя Викторовна.*** Д-р х. н. В 1950 г. окончила ЛТИ им. Ленсовета, г. Санкт-Петербург. С 1951 г. работает в ГНЦ «ВНИИНМ им акад. А.А. Бочвара», гл. научный сотрудник в атомной отрасли с 1951 г. Соруководитель Межведомственного научного семинара по радиохимии и радиационной химии.

20. ***Воинов Евгений Михайлович.*** Р. 1913 г. К. т. н., лауреат Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР, трижды премии им. И.В. Курчатова. Работал в ИАЭ им. И.В. Курчатова с 1944 по 1987 г., занимался проблемой разделения изотопов урана. В наст. время на пенсии.

21. ***Гапонов Юрий Владимирович.*** Р. 1934 г. Физик-теоретик. Д-р ф.-м. н., проф. В 1958 г. окончил физфак МГУ. Начальник теоретической лаборатории Института молекулярной физики РНЦ «КИ». Основные работы: по фундаментальным вопросам физики слабого взаимодействия и теории ядра. Работы по истории физики посвящены Нильсу Бору. Организатор и сопредседатель симпозиума ИСАП-96, соруководитель Московского семинара по истории атомного проекта.

22. ***Головин Игорь Николаевич.*** (1913-1997). Физик-экспериментатор. Д-р ф.-м. н., проф. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. С 1944 г. работал в Курчатовском институте, в 1950-1958 гг. — первый заместитель И.В. Курчатова. Широко развил экспериментальную базу для исследований плазмы по программе управляемых термоядерных реакций. Построил первый «Токамак» (1955 г.) и вёл исследования на нём. В 1958 г. возглавил сооружение и проведение исследований на открытых магнитных ловушках «Огра-1,-2,-3,-4».

23. ***Гольдин Владимир Яковлевич.*** Д-р ф. м. н. Окончил физфак МГУ, является зав. отделом Института математического моделирования РАН. Работа в атомной проблематике началась в 1947 г. До середины 60-х годов занимался разработкой методов и математическим моделированием взрыва ядерного и термоядерного изделий. Сейчас занимается изучением саморегулируемых режимов в реакторе.

24. ***Гончаров Герман Арсеньевич.*** Р. 1928 г. Действ. член Академии атомной науки и техники при Международной академии информатизации,

д-р ф.-м. н., проф., Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии. В 1952 г. окончил физ.-техн. фак-т МГУ. С тех пор работает в атомном проекте СССР. С 1967 г. — начальник отдела теоретического отделения РФЯЦ ВНИИЭФ. Участник разработки, расчётно-теоретического обоснования и испытания первого двухступенчатого термоядерного заряда СССР, испытанного 22 ноября 1955 года. Научные интересы: проблемы нераспространения ядерного оружия, история советского и зарубежных атомных проектов.

25. ***Горбачёв Валентин Матвеевич.*** Р. 1929 г. К. ф.-м. н. Лауреат Ленинской и Государственной премии, засл. машиностроитель РФ. В 1952 г. окончил ЛГУ. Является зам. начальника отделения, начальник отдела физических исследований РФЯЦ ВНИИЭФ. Область научных интересов и исследований: нейтронная физика, физика деления тяжёлых ядер, регистрация однократных быстропротекающих процессов.

26. ***Горелик Геннадий Е. (Gorelic Gennady).*** США. Историк науки. К. ист. н. В 1972 г. окончил физфак МГУ. В наст. время работает в Центре философии и истории науки, Бостонский университет (Centre Phil. Hist. Sci., Boston University). Область научных интересов: история теоретической физики и социальные аспекты истории российской науки.

27. ***Грамматикати Татьяна Юрьевна.*** В 1981 г. окончила Московский государственный историко-архивный институт и начала работу в ОНТИ РНЦ «КИ». С 1985 года — научный сотрудник Дома-музея И.В. Курчатова в РНЦ «КИ». Профессиональные занятия связаны с описанием архивных документов, экскурсионной работой в музее.

28. ***Громов Борис Фёдорович.*** Д-р т. н., проф. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР, засл. деятель науки и техники РФ, член Нью-Йоркской академии наук. Окончил МАИ. С 1974 г. — зам. директора ГНЦ РФ ФЭИ им. акад. А.И. Лейпунского (г. Обнинск) по научной работе.

29. ***Данин Даниил Семёнович.*** Р. 1914 г. Член-корр. РАЕН, проф. кафедры истории науки РГГУ. Лауреат Государственной премии РСФСР. Член Союза писателей. Участник ВОВ. Гл. редактор научно-художественного альманаха «Пути в незнаемое». Автор книг: «Неизбежность странного мира», «Резерфорд», «Нильс Бор» и др.

30. ***Десятников Иосиф Ильич.*** Р. 1941 г. В 1963 г. окончил Харьковский политехнический институт им. В.И. Ленина. С 1993 г.— зам. ген. директора НПП ВНИИЭМ по научной работе. Являлся гл. конструктором системы «Скала», которая успешно функционирует на 14-ти энергоблоках АЭС. Руководит работами по созданию нового поколения систем автоматизации АЭС.

31. ***Джелепов Венедикт Петрович.*** (1913-1999). Член-корр. РАН, почетный д-р Дрезденского технического ун-та им. П. Й. Шафарика (Чехословакия), дважды лауреат Государственной премии СССР, награждён золотой медалью им. И.В. Курчатова. В 1937 г. окончил ЛПИ. Работал директором Лаборатории ядерных проблем Объединённого института ядерных

исследований (ОИЯИ, г. Дубна) (1956-1988), в последние годы был почётным директором Лаборатории.

32. ***Докучаев Яков Порфирьевич.*** Р. 1920 г. Д-р т. н., проф. кафедры общей и экспериментальной физики Ярославского госуниверситета. Участник ВОВ. В 1947 году окончил ЛГУ и был направлен в Челябинск-40. Участник испытания первой советской атомной бомбы. С 1950 по 1970 гг. — начальник эталонно-арбитражной лаборатории химкомбината ПО «Маяк». Область научных интересов: взаимодействие излучения с веществом, сопоставление периодичности свойств атомов и ядер.

33. ***Дровеников Игорь Семёнович.*** Р. 1948 г. Окончил в 1971 г. Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Ст. научный сотрудник ИИЕТ РАН, историк науки.

34. ***Дубовский Борис Григорьевич.*** Д-р т. н. Дважды лауреат Государственной премии СССР. Участник ВОВ. Окончил ХГУ им. А.М. Горького. С 1944 г. работал в ЛИПАН, участвовал в создании первого в нашей стране реактора Ф-1. Участник пуска в 1948 г. первого промышленного реактора для производства плутония на Южном Урале, несколько лет был его научным руководителем. С 1953 г. работает в ГНЦ РФ ФЭИ. В 1958 г. по указанию И.В. Курчатова организовал в ФЭИ отраслевую лабораторию (впоследствии отдел) ядерной безопасности.

35. ***Еремеев Александр Николаевич.*** Р. 1920 г. Д-р. геол.-мин. н., проф., засл. деятель науки и техники, почётный академик РАЕН и МАМР. В 1953-1959 гг. работал в АО «Висмут» (ГДР), с 1959 г. во Всесоюзном НИИ минерального сырья зав. сектором, зам. директора по научной части, директором. С 1995 г. — гл. научный сотрудник. Основные научные интересы связаны с изучением, поисками и оценкой урановых месторождений.

36. ***Ерозолимский Борис Григорьевич (Yerozolimsky Boris G.).*** США. Д-р ф.-м. н., проф., лауреат Государственной премии СССР. В 1947 г. окончил физфак МГУ. С 1947 по 1980 гг. работал в ИАЭ им. И.В. Курчатова. Принимал участие в создании первого ускорителя на встречных электронных пучках. В наст. время — сотрудник Гарвардского Университета, Кэмбридж (Harvard University, Dept. of Physics, Jefferson Physical Laboratory, Cambridge).

37. ***Жежерун Иван Феодосьевич*** (1915-1997). Д-р ф.-м. н., лауреат Государственной премии СССР. Участник ВОВ. Окончил ДГУ им. 300-летия воссоединения Украины с Россией. С 1946 года работал в Курчатовском институте. Один из активных участников создания и пуска в декабре 1946 г. реактора Ф-1. С 1951 по 1954 гг. был научным руководителем одного из объектов ПО «Маяк».

38. ***Завалишин Юрий Кузьмич.*** Р. 1932 г. Лауреат Государственной премии СССР, засл. машиностроитель РФ. Член-корр. Российской и Международной инженерных академий. В 1955 г. окончил Уральский политехнический институт им. С.М. Кирова. В наст. время — ген. директор предприятия ядерно-оружейного комплекса России ЭМЗ «Авангард», г. Саров. Область интересов и исследований: атомное машиностроение, медицинская техника.

39. ***Завидонов Иван Владимирович.*** Р. 1965 г. В 1990 г. окончил физфак МГУ. С 1998 г. работает в ИИЕТ РАН, мл. научный сотрудник. Круг научных интересов: история физики и астрономии.

40. ***Завойская Наталия Евгеньевна***. Окончила МГУ. Работает научным сотрудником в НТК «Электроника» РНЦ «КИ». Научный интерес последних лет — научное наследие академика Е.К. Завойского.

41. ***Замятнин Юрий Сергеевич.*** Д-р ф.-м. н. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. С мая 1945 г. участвовал в разработке советского атомного проекта в Курчатовском институте, в Арзамасе-16 и в Челябинске-40. В 1966-1976 гг. занимал ряд руководящих должностей (до зам. директора) в НИИ атомных реакторов им. В.И. Ленина, г. Димитровград, где была налажена промышленная наработка изотопов сверхтяжёлых элементов в весовых количествах. В наст. время работает в ОИЯИ, вед. научный сотрудник.

42. ***Захарова Вера Петровна.*** К. ф.-м. н. В 1949 г. окончила физфак МГУ. Работает в НТК «Электроника» РНЦ «КИ», сочетая информационную работу с теоретическими исследованиями в области ядерной физики. Круг научных интересов: обзорно-аналитическая работа по вопросам теоретической и прикладной ядерной физики.

43. ***Землянухин Виктор Иванович.*** Лауреат Государственной премии СССР. В 1949-1968 гг. работал начальником технологической радиохимической лаборатории в ЦЗЛ Комбината № 817 (Челябинск-40), участвовал в совершенствовании ацетатной и создании экстракционной технологии получения плутония из облучённого урана.

44. ***Иванов Николай Иванович.*** Д-р т. н., проф., выпускник физфака МГУ. Летом 1949 г. участвовал в работах по изготовлению первого в Советском Союзе ядерного заряда. Дальнейшая деятельность связана с исследованием плутония и его сплавов и разработкой технологии производства ядерных зарядов из плутония-239 и урана-235 для новых образцов ядерного и термоядерного оружия на ПО «Маяк». С 1960 г. работает во ВНИИНМ в качестве нач. отдела металловедения и научного руководителя работ.

45. ***Ивановская Ирина Николаевна.*** К. геол.-мин. н. Окончила в 1972 г. геологический факультет МГУ. Работает в ГЕОХИ им. В.И. Вернадского, в Мемориальном музее академика В.И. Вернадского. Занимается изучением, систематизацией и популяризацией научного наследия Вернадского.

46. ***Игонин Владимир Васильевич.*** Р. 1921 г. В 1941 г. окончил физмат Саратовского Государственной университета. Участник ВОВ. После окончания в 1945 г. аспирантуры начал преподавательскую деятельность в СГУ на должностях ст. преподавателя, доцента, профессора на кафедрах общей физики, теоретической физики, теоретической и ядерной физики.

47. ***Илизаров Симон Семёнович.*** Р. 1950 г. К. ист. н., зав. отделом Информационно-аналитического центра «Архив истории науки и техники» ИИЕТ РАН, историк науки.

48. ***Ильенко Елена Ивановна*** (1926—2001). К. х. н. В 1950 г. окончила ЛГУ. В 1952-1963 гг. участвовала в работах, связанных с советским атомным проектом. В последние годы жизни работала начальником ОНТИ НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина».

49. ***Иоффе Борис Лазаревич.*** Р. 1926 г. Член-корр. РАН. В 1949 г. окончил физфак МГУ. С 1950 г. работает в ИТЭФ РАН, в наст. время — зав. лаборатории ИТЭФ. Главное направление научной деятельности — физика элементарных частиц, теория и расчёт атомных реакторов. Зам. гл. редактора журнала Московского физического общества.

50. ***Кадышевский Владимир Георгиевич.*** Р. 1937 г. Член-корр. РАН. Лауреат премии им. Н. М. Крылова. В 1960 г. окончил МГУ. С 1991 г. — директор ОИЯИ. Направление научной деятельности — теория элементарных частиц и квантовая теория поля, разработка оригинальной диаграммной техники. Член Комиссии по эксперим. программе Ускорительно-накопительного комплекса (Протвино).

51. ***Казачковский Олег Дмитриевич.*** Р. 1915 г. Д-р ф. м. н., проф. Лауреат Ленинской премии, засл. деятель науки и техники РСФСР. В 1938 г. окончил ДГУ. Участник ВОВ. С 1947 г. работает в ГНЦ РФ ФЭИ, с 1950 г. — зам. А. И. Лейпунского по разработке и созданию реакторов на быстрых нейтронах. В 1964-1973 гг. — директор НИИАР. С 1973 по 1988 гг. — научный руководитель программы создания быстрых реакторов в СССР. С 1973 по 1987 гг. — директор ГНЦ РФ ФЭИ.

52. ***Калиткин Николай Николаевич.*** Р. 1935 г. Член-корр. РАН, специалист по теоретической физике и вычислительной математике. Лауреат Государственной премии СССР. В 1958 г. окончил кафедру теории атомного ядра физфака МГУ. С 1958 по 1990 гг. работал в ИПМ АН СССР, с 1990 г. заведует отделом Института математического моделирования РАН.

53. ***Калоджеро Франческо. (Francesco Calogero).*** Италия. Проф. теоретич. физики Римского университета «La Sapienza» (Dipt. Di Fisica Univ. Di Roma I, «La Sapienca»). С января 1989 г. — Генеральный секретарь Пагуошских конференций по науке и мировым проблемам. Член правления Стокгольмского Международного института по исследованию проблем мира. Область научных интересов: теоретическая и математическая физика.

54. ***Камаев Альфред Васильевич*** (1929-1997). К. ф.-м. н. В 1953 г. окончил ЛПИ и был направлен на работу в ФЭИ. Участник пуска первой в СССР АЭС. Принимал непосредственное участие в проведении экспериментальных работ по ядерной безопасности промышленных объектов отрасли.

55. ***Киселёв Геннадий Владимирович.*** Р. 1932 г. К. т. н. Лауреат Государственной премии СССР. В 1955 г. окончил физфак МГУ. С 1956 по 1958 гг. работал на ПО «Маяк». В наст. время — вед. научный сотрудник ГНЦ РФ ИТЭФ. Принимал участие в пуске реактора на быстрых нейтронах БН-350. Область научных интересов: разработка новых энергетических реакторов повышенной безопасности, производство радиоактивных изотопов в ядерных реакторах.

56. ***Князькая Наталия Владимировна.*** К. ист. н. В 1975 г. окончила историч. факультет МГУ и начала работу в ИАЭ им. И.В. Курчатова. Научный сотрудник НТК «Системный анализ». Область научных интересов связана с историей атомной промышленности и энергетики, жизнью и деятельностью выдающихся учёных-атомщиков.

57. ***Ковалёва Светлана Константиновна.*** К. ф.-м. н. В 1964 г. окончила физфак МГУ. Ст. научный сотрудник НТК «Системный анализ» РНЦ «КИ». Занималась моделированием и распознаванием образов атомных подводных лодок на поверхности океана. Сейчас научные интересы связаны с историей физики, в частности, атомного проекта. Соруководитель Московского семинара по истории атомного проекта.

58. ***Колесов Василий Ефимович.*** Р. 1926 г. К. ф.-м. н. Участник ВОВ. С 1950 г. после окончания МГУ работает в ГНЦ РФ ФЭИ. Непосредственный участник работ по ядерной безопасности, один из авторов программы расчёта ядерных реакторов на машине «Стрела», по которой проводились многочисленные расчёты критических масс различных ядерных материалов. С 1968 по 1990 гг. — зав. лабораторией.

59. ***Коноплёва Нелли Павловна.*** Д-р ф.-м. н., ст. научный сотрудник. Физик-теоретик. В 1964 г. окончила физфак МГУ. Работает во ВНИИЭМ начальник лаборатории теоретической физики. Принимала участие в разработке программного обеспечения системы «СКАЛА-М» для Ленинградской АЭС. Область научных интересов: теория калибровочных полей и гравитация.

60. ***Косяков Валентин Николаевич.*** Р. 1929 г. Д-р х. н. Лауреат премии Совета Министров СССР в области науки и техники. Окончил в 1952 г. химфак ЛГУ. Работает в РНЦ «КИ» начальником лаборатории электрохимии радиоактивных изотопов. Область научных интересов: химия трансурановых элементов; переработка облучённого ядерного топлива водными и высокотемпературными методами.

61. ***Котельников Геннадий Александрович.*** Р. 1937 г. Д-р ф.-м. н. В 1960 г. окончил физфак МГУ. Является учёным секретарём НТК «Электроника» РНЦ «КИ». Основные научные интересы связаны с изучением симметрий в классической и квантовой теории поля, безопасностью и технологическим контролем в атомной энергетике.

62. ***Котельников Рэд Борисович.*** Р. 1929 г. Д-р т. н. В 1952 г. окончил МИЦМиЗ им. М.И. Калинина. С 1956 г. работал во ВНИИНМ начальником лаборатории. Основное направление работ — высокотемпературное ядерное топливо для космических реакторов. Сегодняшние научные интересы: история развития атомных проектов в США и СССР.

63. ***Кочетков Лев Алексеевич.*** Р. 1930 г. К. т. н, дважды лауреат Государственной премии СССР. Окончил МИФИ В 1953 г., инженер-физик. Был зам. директора ГНЦ РФ ФЭИ, в наст. время работает вед. научным сотрудником ФЭИ. Советник дирекции. Область научных интересов: вывод реакторных установок из эксплуатации, технико-экономические усовершенствования действующих и проектируемых реакторов на быстрых нейтронах.

64. ***Крамаровский Яков Михайлович.*** (1937-1998). К. ф.-м. н. В 1960 г. окончил физ.-мех. факультет МИФИ, с 1962 г. работал инженером во ВНИИЭФ, в последние годы — в НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина».

65. ***Крамиш Арнольд (Kramish Arnold).*** США. Р. 1923 г. Участник Манхэттенского проекта по созданию американской атомной бомбы, работал в Комиссии по атомной энергии США до 1951 года. Занимался политикой в области науки и техники, в наст. время — писатель и консультант объединения «Science Applications International Corp. ». Автор первой книги на Западе по истории атомного проекта, вышедшей в США в 1959 году («Atomic Energy in the Soviet Union»).

66. ***Круглов Аркадий Константинович*** (1926-1998). Лауреат Государственной премии СССР. В 1951 г. окончил ЛЭТИ, в 1972 г. — Институт управления народным хозяйством. В 1951 г. был направлен на Комбинат № 817 (Челябинск-40), где работал на различных объектах до 1968 г.: на первом промышленном уран-графитовом реакторе, с 1955 г. — начальник физической Лаборатории № 5 (ЦЗЛ). В 1968 г. был переведён на работу в Минатом РФ, руководил Научно-техническим управлением до 1991 года. Был членом Правительственной комиссии по ликвидации аварии на ЧАЭС. В последние годы работал в ЦНИИатоминформе.

67. ***Кудинова Людмила Иовна.*** В 1964 г. окончила Московский государственный историко-архивный институт. Работала в Государственных и партийных архивах СССР, в наст. время работает инженером в ГНЦ РФ ФЭИ. Имеет печатные труды по истории атомного проекта СССР, по истории атомной науки и техники.

68. ***Кузнецова Раиса Васильевна.*** К. ист. н. В 1967 г. окончила Московский государственный историко-архивный институт. Работает в РНЦ «КИ» директором мемориального Дома-музея академика И.В. Курчатова. Собиратель фонда личных документов И.В. Курчатова и его семьи, личных документальных коллекций ряда его соратников по атомной проблеме.

69. ***Куцаков Сергей Яковлевич***. Р. 1922 г. В 1956 г окончил МЭИ. В ВНИИЭМ — с 1959 г., принимал участие в разработке систем «СКАЛА» и «СКАЛА-М». Начальник отделения автоматизации ВНИИЭМ. Область научных интересов: автоматизация систем управления.

70. ***Литвинов Борис Васильевич.*** Р. 1929 г. Действ. член РАН. Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии. В 1953 г. окончил МИФИ. С 1952 по 1961 гг. работал во ВНИИЭФ (Арзамас-16), в 1961-1978 гг. — 1-м зам. гл. конструктора, гл. конструктором ВНИИТФ (Челябинск-70). Главные направления научной деятельности: прикладная физика, связанная с созданием новых конструкций взрывных устройств большой мощности.

71. ***Ломинадзе Джумбер Георгиевич.*** Р. 1930 г. В 1955 г. окончил физфак МГУ. С 1956 по 1958 гг. работал в РФЯЦ ВНИИТФ. В наст. время — Академик-секретарь отделения математики и физики АН Грузии и директор Абастуманской астрофизической обсерватории АНГ. Основные научные труды: по теории неустойчивости и турбулентности магнитоактивной плазмы; плазменные механизмы излучения пульсаров.

72. ***Макеев Николай Георгиевич.*** К. ф.-м. н., лауреат Государственной премии СССР. В 1955 г. окончил МИФИ и начал работу во ВНИИЭФ (Арзамас-16) — ст. научный сотрудник, начальник физико-технического отдела. Специалист в области физики плазмы и ускорительной техники.

73. ***Мальков Виктор Леонидович.*** Р. 1930 г. Д-р ист. н., проф., засл. деятель науки РФ. Лауреат Государственной премии СССР. В 1953 г. окончил МГИМО, с 1968 г. работает в Институте всеобщей истории РАН, зав. отделом историко-теоретических исследований. Область научных интересов: история международных отношений; российско-американские отношения в XX веке; дипломатическая история Второй мировой войны.

74. ***Маргулис Ушер Яковлевич.*** Р. 1920 г. Д-р т. н., проф., засл. деятель науки РФ, лауреат премии Совета Министров СССР. Участник ВОВ. В 1941 г. окончил физфак МГУ. С 1946 г. работает в ГНЦ Институт биофизики. Специалист в области дозиметрии и радиационной безопасности. Принимал участие в разработке и внедрении на первых атомных объектах отечественных дозиметров и нормативных документов по радиационной защите.

75. ***Марчук Гурий Иванович.*** Р. 1925 г. Действ. член РАН. Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Один из основоположников современной вычислительной математики и информатики. В 1949 г. окончил ЛГУ. С 1953 по 1962 гг. работал в ФЭИ, принимал участие в расчётах первой в СССР АЭС. В 1957 г. возглавил расчётно-теоретич. исследования по ядерной безопасности. В 1986 г. избирается Президентом АН СССР и остаётся на этом посту до 1991 года. В наст. время — директор Института вычислительной математики РАН.

76. ***Медведь Кирилл Сергеевич.*** Ст. научный сотрудник ОИЯИ. В 1982 г. окончил МГУ по специальности ядерная физика. В круг научных интересов входят исследования в области физики элементарных частиц, а также изучение истории атомных проектов.

77. ***Медведь Сергей Васильевич.*** Ст. научный сотрудник ОИЯИ. В 1954 г. окончил МГУ по специальности ядерная физика. В круг научных интересов входят: исследования в области физики элементарных частиц, а также изучение истории атомных проектов.

78. ***Меньшикова Татьяна Сергеевна.*** Д-р т. н., ст. научный сотрудник. Дважды лауреат Государственной премии СССР. Закончила МГУ. С 1946 г. по наст. время работает в ВНИИНМ, гл. научный сотрудник. Принимала участие в разработках методик по работе с мг-количествами впервые полученного плутония. Круг научных интересов: топливо для энергетических реакторов и технологии их изготовления, а также конструкционные материалы оболочек ТВЭЛов быстрых реакторов.

79. ***Меркин Владимир Иосифович.*** (1914-1997). Один из крупнейших организаторов и участников создания атомной промышленности страны. Д-р т. н., четырежды лауреат Государственной премии СССР. В Курчатовском институте работал с 1944 года., был гл. инженером первого промышленного реактора. Из сектора В.И. Меркина вышли первые разработки всех основных направлений атомной техники: работы над первым,

«пушечным» вариантом ядерной бомбы, промышленные реакторы, морские реакторы для подводных лодок и ледоколов, атомные электростанции, реакторы для космических установок. В последние годы был гл. научным сотрудником РНЦ «КИ».

80. ***Мостовой Владимир Иосифович.*** (1919-1996). Член-корр. РАН, д-р ф.-м. н., проф., участник ВОВ, Герой Советского Союза, трижды лауреат Государственной премии СССР, награждён Золотой медалью им. И.В. Курчатова АН СССР. В 1941 г. окончил физфак Киевского Государственного университета. им. Т.Г. Шевченко. С 1947 г. работал в Курчатовском институте, с 1994 г. — гл. научный сотрудник НТК «Электроника» РНЦ «КИ».

81. ***Назаров Анатолий Георгиевич.*** Р. 1938 г. Академик РАЕН, д-р биол. н. Вед. научный сотрудник ИИЕТ РАН, зав. кафедрой экологии человека и экологического права Российского Православного университета Св. Иоанна Богослова. Круг научных интересов: учение о биосфере, радиационная экология, теория катастроф.

82. ***Негин Евгений Аркадьевич.*** (1921-1998). Действ. член РАН, д-р т. н., проф., Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии и трижды Государственной премии СССР. Генерал-лейтенант в отставке. Почётный гражданин г. Арзамаса-16. Участник ВОВ. Окончил Военно-воздушную академию им. Н. Е. Жуковского в 1944 г. С 1949 г. — сотрудник КБ-11, с 1959 г. — гл. конструктор и первый зам. научного руководителя, с 1978 по 1987 гг. — директор РФЯЦ ВНИИЭФ. Участник многих и руководитель большинства полигонных испытаний «изделий». Главные направления научной деятельности — теоретические разработки некоторых специальных вопросов газодинамики, физика взрыва.

83. ***Нехорошев Юрий Сергеевич.*** Р. 1931 г. В 1949-1977 гг. — в кадрах Военно-Морского Флота. В наст. время — гл. специалист НТК «СА» РНЦ «КИ», возглавляет группу сотрудников, ведущих научные исследования по истории атомного проекта, атомной науки, техники, промышленности. Учёный секретарь секции Учёного совета РНЦ «КИ» по научно-историческим исследованиям и развитию архивного дела.

84. ***Новиков Владимир Михайлович.*** Р. 1934 г. Д-р ф.-м. н., проф. Физик-теоретик. В 1958 г. окончил физфак МГУ. С 1959 г. работает в РНЦ «КИ», в наст. время — начальник лаборатории проблем развития ядерной энергетики, соруководитель проекта «Радиационная безопасность биосферы» в IIASA, Австрия. Основные научные интересы: экологические и социальные аспекты ядерной индустрии, системный анализ ядерной энергетики и ядерного топливного цикла, квантовая физика.

85. ***Огородников Борис Иванович.*** Р. 1935 г. Д-р х. н., проф. Лауреат Ленинской премии. С 1959 г. после окончания физ.-химич. фак-та МХТИ работает в ГНЦ РФ «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» — в последние годы зам. зав. отдела аэрозолей, вед. специалист. Разработчик средств и методов контроля радиоактивных аэрозолей, в частности, продуктов ядерных взрывов. Специалист в области военного использования атомной энергии.

86. ***Озеруд Финн (Aaserud Finn).*** Дания. Р. 1948 г. в Норвегии. Д-р философ. н., к. ф. н. С 1985 по 1989 гг. — доцент истории (Associate historian) в Центре истории физики Американского института физики в Нью-Йорке. С 1989 г. — директор Архива Нильса Бора в Копенгагене, Дания (Archive of Niels Bohr Institute).

87. ***Паркер Фрэнк Леон (Parker Frank Leon).*** США. Р. 1926 г. Д-р философ. н. Проф. университета Вандербильда (Vanderbilt University) по научно-техническим вопросам окружающей среды. В прошлом — руководитель правления Совета национальной академии наук по управлению радиоактивными отходами. В наст. время — руководитель программы радиационной безопасности биосферы IIASA. Область научных интересов: управление радиоактивными и химическими отходами, анализ риска в этом вопросе, изучение возможностей переноса загрязнений в окружающей среде.

88. ***Перетрухин Владимир Фёдорович.*** Р. 1940 г. Д-р х. н. В 1962 г. окончил МГУ. Зав. лабораторией Института физической химии РАН (ИФХ РАН). Область научных интересов: химия актинидных и осколочных элементов.

89. ***Петржак Константин Антонович.*** Р. 1907 г. Крупнейший физик-радиолог, дважды лауреат Государственной премии СССР. В 1940 г. он и Г.Н. Флёров открыли явление спонтанного деления урана и определили период полураспада этого деления. Под руководством К.А. Петржака сотрудники РИАН провели точные измерения периодов и сечений спонтанного деления плутония, америция и кюрия.

90. ***Петров Борис Васильевич.*** Р. 1913 г. Д. техн. н., ст. научный сотрудник. В 1936 г. закончил Томский Государственной университет им. В.В. Куйбышева, физик. Участник ВОВ. В наст. время работает во ВНИИНМ — начальник группы, ст. научный сотрудник. Область научных интересов: молекулярная физика, разделение изотопов и получение радионуклидов.

91. ***Петрянов-Соколов Игорь Васильевич*** (1907-1996). Действ. член РАН, Герой Соц. Труда, Лауреат Ленинской и дважды Государственной премии СССР. Почётный химик СССР. В 1931 г. окончил МГУ. С 1929 по 1996 гг. работал в ГНЦ НИФХИ, был зав. отделом аэрозолей. Автор фундаментальных работ в области создания новых высокоэффективных фильтрующих материалов из ультратонких полимерных волокон, получивших наименование ФП (фильтр Петрянова); разработчик методов исследования и контроля плотности жидкостей, в том числе тяжёлой воды. Явился инициатором нового направления в промышленном производстве — создания безотходных технологий. Был активным популяризатором научных знаний (бессменный гл. редактор журнала «Химия и жизнь», издания «Учёные — школьникам», член редакции «Детская энциклопедия»).

92. ***Плоткина Анна Гешелевна.*** Д-р т. н., лауреат Государственной премии СССР, четырежды премии им. И.В. Курчатова. Работала в ИАЭ им. И.В. Курчатова с 1944 по 1987 гг. Занималась проблемой разделения изотопов урана диффузионным и центробежным методами, а также разделением стабильных изотопов. В настоящее время на пенсии.

93. ***Попов Виктор Константинович.*** Р. 1936 г. К. х. н. В 1959 г. окончил инженерный физико-химич. факультет МХТИ. Начальник лаборатории информационно-аналитических исследований в НТК «Системный анализ» РНЦ «КИ». Основные научные интересы: системный анализ ядерного топливного цикла, экологические и социальные аспекты использования атомной энергии, информационные системы и анализ информационных потоков в атомной науке и технике.

94. ***Прусаков Владимир Николаевич.*** Р. 1924 г. К. х. н., лауреат Ленинской премии. С 1954 г. работает в ИАЭ им. И.В. Курчатова. С 1988 по 1996 гг. — директор ИМФ РНЦ «КИ», ныне возглавляет отдел физической химии Института. Область научных интересов: химия благородных газов, поиск и синтез новых соединении для разделения стабильных изотопов на газовых центрифугах, радиоактивные изотопы для медицины.

95. ***Работнов Николай Семёнович.*** Р. 1936 г. Д-р ф.-м. н., проф., академик РАЕН, засл. деятель науки РФ. В1959 г. после окончания МИФИ работал в ФЭИ, где прошел путь от научного сотрудника до зам. директора ГНЦ РФ ФЭИ по фундаментальным исследованиям. В 2000—2002 гг. — главный ученый секретарь — зам. председателя НТС Минатома России. В настоящее время работает в МАГАТЭ. Область научных интересов: ядерная и нейтронная физика, ядерные данные и ядерная экология.

96. ***Реформатский Игорь Александрович.*** Р. 1921 г. С 1939 по 1946 гг. служил в Красной Армии, участник ВОВ. В 1951 г. окончил химфак МГУ и был направлен на работу в ЛИПАН. Был участником пуска и первых экспериментальных работ в «Горячей» лаборатории. Принимал участие в проектировании Радиохимической лаборатории НИИАР. С 1965 по 1988 гг. вёл научно-педагогическую работу в МИФИ. Член Союза журналистов.

97. ***Решетников Фёдор Григорьевич.*** Р. 1919 г. Действ. член РАН, д-р т. н., проф., трижды лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии им. В.Г. Хлопина АН СССР. В 1941 г. окончил МИЦМиЗ, в 1944 г. — Артиллерийскую академию им. Ф. Э. Дзержинского. С 1949 г. (с момента организации института) работает в ГНЦ РФ ВНИИНМ, был 1-м зам. директора института. В наст. время — советник ВНИИНМ. Руководил работами по разработке технологии получения металлического урана, по получению в металлическом виде плутония-238, нептуния, кюрия. С 1977 по 1992 гг. возглавлял работы по ядерному топливу, конструкционным материалам и ТВЭЛам для АЭС.

98. ***Рид Томас (Reed Thomas C.).*** США. Разработчик двух ядерных устройств, испытанных в 1962 году. Был министром Военно-воздушных сил в администрации Президента США Дж. Форда и спец. помощником Президента по национальной безопасности в администрации Р. Рейгана. В наст. время возглавляет «Quaker Hill Development Corp.» и является консультантом директора Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса.

99. ***Римский-Корсаков Александр Андреевич.*** Р. 1936 г. Д-р ф.-м. н. В 1959 г. окончил ЛПИ по специальности — экспериментальная ядерная физика, с этого года принимал участие в работах РИАН по атомному проекту в должностях мл. и ст. научного сотрудника, начальник лаборатории. Является генеральным директором НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина». Ветеран атомной энергетики и промышленности.

100. ***Романов Сергей Валерьевич.*** Р. 1958 г. К. ф.-м. н. Лауреат премии им. И.В. Курчатова. В 1982 г. окончил МАИ по специальности прикладная математика. Работает в РНЦ «КИ», ст. научный сотрудник. Занимается математическим моделированием.

101. ***Рубинин Павел Евгеньевич.*** Р. 1925 г. В 1947 г. окончил Военный институт иностранных языков. Научный сотрудник Института физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, ответственный секретарь Комиссии по изучению и подготовке к печати научного, общественно-публицистического и эпистолярного наследия академика П.Л. Капицы. С 1955 г. до кончины П.Л. Капицы в 1984 г. был его референтом.

102. ***Рубцов Виктор Иванович.*** Р. 1947 г. К. х. н. В 1971 г. окончил химфак МГУ. Зав. лабораторией средств индивидуальной защиты ГНЦ «Институт биофизики», ст. научный сотрудник, руководитель Сертификационного центра «Средства индивидуальной защиты». Основные научные интересы лежат в области индивидуальной защиты персонала опасных производств.

103. ***Рылов Станислав Валерьевич.*** Р. 1950 г. В 1973 г. окончил физфак МГУ. Работает в ТРИНИТИ— Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований. Область научных интересов: материалы защиты первой стенки термоядерного реактора (безопасность УТС).

104. ***Рябев Лев Дмитриевич.*** Р. 1933 г. Лауреат Государственной премии СССР. В 1957 г. окончил МИФИ. Работал во ВНИИЭФ в Арзамасе-16, пройдя путь от инженера до директора института. Занимался прикладными проблемами, связанными с научно-инженерными сторонами разработки ядерных вооружений. В 1986 г. был назначен министром среднего машиностроения СССР. В 1989 г. был утверждён зам. Председателя Совмина СССР и председателем Бюро Совмина по топливно-энергетическому комплексу. В 1991 г. был зам. премьер-министра СССР и председателем Государственной топливно-энергетической комиссии Кабинета министров, затем первым зам. министра РФ по атомной энергии. В наст. время — Советник министра РФ по атомной энергии.

105. ***Рязанцев Евгений Петрович.*** Р. 1930 г. Д-р т. н. Лауреат Ленинской премии, дважды Государственной премии и премии Совета Министров СССР. Вед. специалист в области реакторного материаловедения. В 1954 г. окончил физфак МГУ, после окончания был распределён в ИАЭ им. И.В. Курчатова. С 1973 по 1979 гг. работал директором Научно-исследовательского технологического института (Ленинградский филиал ИАЭ, г. Сосновый Бор, Ленинградская обл.). В наст. время — директор Института реакторных технологий и материалов РНЦ «КИ». Область научных

интересов: разработка, создание и испытания новой атомной техники и энергетических установок различного назначения, реакторное материаловедение.

106. ***Садовский Богдан Феодосьевич.*** Р. 1926 г. Д-р х. н., проф. Лауреат Ленинской премии. Почётный химик. В 1949 г. окончил МХТИ и с этого времени работает в НИФХИ им. Л.Я. Карпова, вед. научный сотрудник. Основные научные интересы: аэродисперсные системы, фильтрация туманов, атмосферные и радиоактивные аэрозоли, получение полимерных ультратонких волокон, материалы ФП.

107. ***Сазыкин Александр Александрович.*** Р. 1923 г. Лауреат Ленинской премии. Участник ВОВ. После окончания МИФИ в 1952 г. распределен в Курчатовский институт, более тридцати лет работал в тесном содружестве с академиком И.К. Кикоиным. В наст. время гл. специалист ИМФ РНЦ «КИ». Основные научные интересы: молекулярная физика, теория разделения изотопов, в том числе методами газовой диффузии и газового центрифугирования, технология разделения стабильных изотопов на газовых центрифугах.

108. ***Самарский Александр Андреевич.*** Р. 1919 г. Действ. член РАН, Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Почётный д-р Технического университета Хемница (Германия). Участник ВОВ. В 1945 г. окончил МГУ. Работал ассистентом, преподавателем, доцентом МГУ, зав. отделом ИПМ РАН, в наст. время — директор Центра математического моделирования РАН. Главные направления научной деятельности: математическая физика, теория дифференциальных уравнений, теория нелинейных процессов, вычислительная математика, математическое моделирование.

109. ***Сегершталь Борис (Segerstahl Boris).*** Австрия. Проф., руководитель проектов Международного института прикладного системного анализа (IIASA).

110. ***Селезнёва Наталья Владимировна.*** После окончания МАИ с 1972 г. работает в РНЦ «Курчатовский институт», с 1983 г.— нач. отдела фондов научно-технической документации РНЦ «КИ».

111. ***Серов Виктор Иванович.*** К. ф.-м. н. В 1950 г. окончил ЛГУ, после его окончания был принят Г.Н. Флёровым на работу в РФЯЦ ВНИИЭФ, участвовал в подготовке физустановок для испытания модели академика А.Д. Сахарова и измерений констант для расчётов по заданию теоретиков. В наст. время — ст. научный сотрудник института.

112. ***Сидоренко Виктор Алексеевич.*** Р. 1929 г. Член-корр. РАН, д-р т. н., проф., дважды лауреат Государственной премии СССР. После окончания МИФИ в 1952 г. до 1984 г. работал в ИАЭ, пройдя путь от инженера до директора Отделения ядерных реакторов. Был первым зам. председателя Госатомэнергонадзора СССР, первым зам. министра атомной энергетики и промышленности СССР, зам. министра России по атомной энергии. С 1997 г. — директор РНЦ «КИ» по научному развитию. Член Международной консультативной группы по ядерной безопасности при Генеральном директоре МАГАТЭ.

113. ***Симоненко Оксана Даниловна.*** К. т. н. по специальности история науки и техники. В 1966 г. окончила МИФИ, работает в ИИЕТ РАН. Основные научные интересы: история и философия техники, взаимосвязь науки и техники, закономерности развития техносферы.

114. ***Синицына Галина Сергеевна.*** К. х. н. В 1947 г. окончила ЛГУ по специальности радиохимия. Участник ВОВ. Принимала участие в работах по советскому атомному проекту с 1946 г. Работала в НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» с 1946 г. до ухода на пенсию, пройдя путь от мл. научного сотрудника до зам. директора Института.

115. ***Скороваров Джон Иванович.*** Р. 1928 г. Д-р т. н., проф. Лауреат Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР, засл. изобретатель РФ. Вице-президент Академии промышленной экологии РФ. В 1952 г. окончил МИЦМиЗ и в 1977 г. — ИУНХ. С 1954 г. работает во Всероссийском научно-исследовательском институте химической технологии (НИИ-10), прошёл путь от ст. инженера до директора института. С 1969 по 1974 гг. работал зам. нач. НТУ МСМ СССР. Принимал участие в разработке и внедрении технологий переработки урановых руд на промышленных предприятиях МСМ и за рубежом. В наст. время руководит работами в области конверсии оборонной тематики.

116. ***Смирнов Анатолий Васильевич.*** Р. 1931 г. В 1955 г. окончил МИФИ. До 1997 г. работал на ЭМЗ «Авангард», в последние годы был зам. начальника полониевого производства. В наст. время на пенсии. Область интересов и исследований: изотопное производство.

117. ***Смирнов Юрий Николаевич.*** Р. 1937 г. К. ф.-м. н. С 1960 по 1963 гг. работал в РФЯЦ в Арзамасе-16 в коллективе академика А.Д. Сахарова. Один из разработчиков самой мощной в мире советской 50-мегатонной водородной бомбы, испытанной над Новой Землёй 30 октября 1961 г. Участник программы применения подземных ядерных взрывов в мирных целях. С 1993 г. работает в РНЦ «Курчатовский институт», вед. научный сотрудник.

118. ***Соснин Геннадий Александрович.*** Р. 1924 г. К. т. н., лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. В годы ВОВ работал конструктором на боеприпасном заводе в Перми. В 1949 г. окончил МИФИ, с 1950 г. работает в РФЯЦ ВНИИЭФ. Прошёл путь от ст. инженера-конструктора до зам. гл. конструктора. В наст. время работает ст. научным сотрудником.

119. ***Сохина Лия Павловна.*** Д-р х. н. Лауреат премии Совета Министров СССР. В 1948 г. окончила ВГУ им. Ленинского комсомола и была направлена для работы на ПО «Маяк». Участник разработки технологии и получения первой партии плутония. С 1953 г работала в ЦЗЛ химкомбината «Маяк» нач. лаборатории по переработке жидких радиоактивных отходов. В 1976 г. была назначена нач. ЦЗЛ. На химкомбинате проработала 40 лет. В наст. время на пенсии.

120. ***Спрей Стенли Д. (Spray Stanley).*** США. Стенли Д. Спрей руководит системой оценки безопасности ядерного оружия — организацей при

Национальной лаборатории Сандиа. Участвует в работах по ядерному оружию с 1954 г. С 1954 по 1968 гг. участвовал в проектировании и разработке систем по безопасности и использованию ядерного оружия.

121. ***Стяжкин Юрий Михайлович.*** Р. 1928 г. Д-р ф.-м. н., проф. Засл. деятель науки РФ. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. В 1956 г. окончил МАИ. Работает в РФЯЦ ВНИИЭФ, в наст. время — начальник научно-исследовательского отдела. Область научных интересов и исследований: физика высоких плотностей и энергий.

122. ***Теллер Эдвард (Teller Edward).*** США. Р. 1908 г. в Венгрии. Окончил Калифорнийский университет, Беркли, Калифорния. Учился и работал в Германии, Дании, Великобритании, с 1935 г. — в США. Выдающийся физик, известен как «отец» американской водородной бомбы. Основные научные труды: по ядерной физике, термоядерным реакциям, астрофизике. Предложил фундаментальную идею светового обжатия в термоядерном заряде, обеспечивающую практическую реализацию термоядерной реакции взрывного характера, которая используется в современных конструкциях термоядерных боеголовок.

123. ***Тёмный Владимир Владимирович.*** Р. 1937 г., ст. научный сотрудник ИИЕТ РАН, историк науки. Участник экспериментов, проводившихся на спутниках «Космос-3,-5,-261» и др.

124. ***Тимербаев Роланд Махмутович.*** Р. 1927 г. Чрезвычайный и Полномочный Посол в отставке. Д-р ист. н., проф. В МИД СССР с 1949 г. Участвовал в переговорах о запрещении ядерных испытаний, нераспространении ядерного оружия, ограничении стратегических вооружений. В 1988-1992 гг. — постоянный представитель при МАГАТЭ и других международных организациях в Вене.

125. ***Ткач Константин Гаврилович.*** Р. 1927 г. Д-р т. н., изобретатель СССР, лауреат Государственной премии СССР. В 1949 г. окончил МИЦМиЗ. С 1950 — сотрудник НИИ-9. В качестве нач. лаборатории и научного руководителя работ принимал активное участие в создании промышленного производства и применения трития, «Т-смесей» и гидридов металлов в реакторах «Руслан» и «Людмила», компонентах ТЯО, ЯЭУ космического назначения и объектах ВМФ.

126. ***Троянов Михаил Федотович.*** Д-р ф.-м. н., проф., засл. деятель науки и техники РФ. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Окончил МИФИ. С 1987 по 1992 гг — директор ГНЦ РФ Физико-энергетический институт (Обнинск).

127. ***Тумбаков Владимир Александрович.*** Р. 1929 г. К. х. н., ст. научный сотрудник. Окончил МГУ по специальности физико-химик. С 1952 г. работает в ГНЦ РФ ВНИИНМ. В наст. время — начальник головного ОНТИ. Профессиональные интересы: термодинамика, физико-химические процессы в металлургии, научно-техническая информация.

128. ***Фаддеев Станислав Леонидович.*** Р. 1930 г. К. х. н. В 1954 г. окончил ЛГУ по специальности радиохимия. Принимал участие в работах по

советскому атомному проекту с 1954 г., когда начал работу в НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», пройдя путь от мл. научного сотрудника до зам. директора Института. Является Ветераном атомной энергетики и промышленности.

129. ***Фаустова Дина Георгиевна.*** К. х. н. Окончила химфак и аспирантуру МГУ. Вед. научный сотрудник Лаборатории индивидуальной защиты ГНЦ РФ «Институт биофизики». Основное направление научной деятельности — индивидуальная защита персонала радиационно-опасных производств.

130. ***Федик Иван Иванович.*** Академик РАТН, д-р т. н., проф. Лауреат Государственной премии СССР, засл. деятель науки и техники. Генеральный директор НПО «Луч». Руководитель работ по созданию активных зон ядерных ракетных двигателей, председатель комиссий по проведению испытаний реакторов ЯРД. Специалист в области высокотемпературной ядерной энергетики, преобразования энергии и её сбережения.

131. ***Феоктистов Лев Петрович*** (1928—2002). Академик РАН, Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии, Государственной премии СССР. Участник Пагуошского движения. В 1950 г. окончил МГУ. С 1951 по 1955 гг. работал в Арзамасе-16, с 1955 по 1978 гг. — в Челябинске-70 первым зам. научного руководителя, с 1978 по 1988 гг. — зам. директора ИАЭ им. И.В. Курчатова, в последние годы — начальником Отдела лазерного термоядерного синтеза ФИ РАН.

132. ***Френкель Виктор Яковлевич*** (1930-1997). Д-р ф.-м. н. Окончил ЛПИ. Работал на заводе «Светлана» инженером-электриком, в последние годы являлся вед. научным сотрудником ЛФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе. Один из крупнейших историков отечественной науки.

133. ***Халкин Владимир Алексеевич.*** Член-корр. РАЕН, д-р х. н., проф., лауреат премии им. В.Г. Хлопина Президиума РАН в области радиохимии. С 1994 г. — гл. научный сотрудник Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Крупный специалист в области радиохимии и ядерной химии, базирующейся на ускорителе заряженных частиц.

134. ***Харитон Юлий Борисович*** (1904-1996). Академик РАН, трижды Герой Соц. Труда. Лауреат Ленинской премии и трёх Государственных премий СССР, награждён Золотой медалью им. М. В. Ломоносова. В 1925 г. окончил ЛПИ. С 1926 по 1928 гг. стажировался в Кавендишской лаборатории в Англии у Э. Резерфорда. С 1931 г. работал в ИХФ АН СССР под руководством Н.Н. Семёнова, а с 1946 г. — одновременно в Курчатовском институте. В 1939 г. вместе с Я.Б. Зельдовичем провёл один из первых расчётов по возможному осуществлению цепной ядерной реакции на обогащённом уране-235. Один из создателей РФЯЦ в Арзамасе-16, где руководил научно-конструкторскими работами по созданию ядерного и термоядерного оружия. С 1946 г. гл. конструктор, а затем, с 1958 по 1992 гг. — научный руководитель этого центра. Ближайший сподвижник И.В. Курчатова, бессменно возглавлявший до 1993 г. оружейную программу советского атомного проекта.

135. ***Хлопкин Николай Сидорович.*** Р. 1923 г. Действ. член РАН, д-р т. н., Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Участник ВОВ. В 1950 г. окончил МЭИ. В РНЦ «КИ» работает с 1949 г. В наст. время — зам. директора Института ядерных реакторов. Стоял у истоков создания судовой атомной энергетики. Осуществлял научное руководство проектированием реакторной установки первого в мире атомного ледокола «Ленин». Участвовал в походе атомного ледокола «Арктика» на Северный полюс. В наст. время участвует в создании на базе судовой технологии атомных плавучих электростанций.

136. ***Холлоуэй Дэвид (Holloway David James).*** Р. в Ирландии, окончил университет в Эдинбурге. Проф. политич. науки и содиректор Центра международной безопасности и контроля над вооружением Стэнфордского Университета (Center for International Security and Arms Control, Stanford University). Автор книги «Сталин и бомба».

137. ***Цукерман Вениамин Аронович.*** (1913-1993). Д-р т. н., проф. Герой Соц. Труда, лауреат Ленинской премии, четырежды лауреат Государственной премии СССР, засл. изобретатель РСФСР. С 1946 по 1990 гг. работал в РФЯЦ ВНИИЭФ. Внёс весомый вклад в разработку ядерного оружия, в частности, ему принадлежит идея создания импульсного источника для внешнего нейтронного инициирования ядерных зарядов.

138. ***Черноплёков Николай Алексеевич.*** Р. 1930 г. Член-корр. РАН, проф., дважды лауреат Государственной премии СССР. В 1953 г. окончил МХТИ. В атомной отрасли работает с 1954 г. В 1968—2001 гг. — директор Института сверхпроводимости и физики твёрдого тела РНЦ «Курчатовский институт», почетный директор и научный руководитель этого института. С 1989 г. — председатель Учёного совета РНЦ «КИ».

139. ***Читайкин Владимир Иванович.*** Р. 1957 г. К. ф.— м. н. Окончил в 1980 г. МИФИ. С 1980 по 1995 гг. работал в ВНИИТФ. Область научных интересов: теория ядерного горения.

140. ***Шаталов Валентин Васильевич.*** Р. 1938 г. Д-р т. н., проф., засл. деятель науки и техники РФ. Академик Международной и Российской инженерных академий. Дважды лауреат премии Совета министров СССР. Окончил в 1961 г. химфак МГУ. Зам. директора ВНИИХТ по науке. В работах по атомному проекту участвует с 1960 г. Основные направления научной деятельности: создание экологически безопасного замкнутого цикла производства и переработки ядерного топлива, реабилитация загрязненных радионуклидами территорий.

141. ***Шашуков Евгений Алексеевич.*** Р. 1933 г. К. х. н. В 1957 г. окончил ЛГУ по специальности радиохимия, с этого года работает в НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина». Начальник отдела и зав. музеем Радиевого института. Является Ветераном атомной энергетики и промышленности.

142. ***Швецов Иван Константинович.*** Р. 1928 г. К. х. н. Лауреат премии Правительства РФ, трижды премии им. И.В. Курчатова. Окончил в 1951 г. МХТИ. Нач. горячей радиохимич. лаборатории РНЦ «КИ». Область научных интересов: химия трансурановых элементов и продуктов деления.

143. ***Шевченко Василий Иванович.*** Лауреат премии Совета Министров СССР. С 1947 г. работает на ПО «Маяк», в наст. время — гл. диспетчер ПО. Принимал непосредственное участие в создании и испытании первых промышленных дозиметрических приборов, участвовал в пуске реактора «А», в освоении и совершенствовании его технологии.

144. ***Эйсмонт Вилен Павлович.*** Р. 1929 г. Д-р ф.-м. н. В 1952 г. окончил ЛПИ. Работает нач. отдела НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина». Является Ветераном атомной энергетики и промышленности.

145. ***Яковлев Григорий Николаевич.*** Р. 1914 г. Д-р х. н., лауреат Государственной премии СССР. В 1938 г. окончил ЛГУ. Участник ВОВ. По атомной тематике начал работать с 1946 г. в ЛИПАН под непосредственным руководством И.В. Курчатова. Впервые в СССР получил массовые количества плутония и весовые количества трансплутониевых элементов от америция до калифорния. Являлся научным руководителем проекта и строительства первой в СССР радиохимич. лаборатории НИИАР (Димитровград), начальником которой он был с 1963 по 1974 гг. С 1992 г. на пенсии.

146. ***Яноух Франтишек (Janouch Frantishek)*** Швеция. Р. 1931 г. Физик-теоретик, Институт им. Манне Зигбана (Research Institute for Physics), Стокгольм.

СОДЕРЖАНИЕ

Наука и общество: История советского атомного проекта (40-е — 50-е годы)

Техническое редактирование и вёрстка — Инжечик Л.В.

Корректоры: Ветлова Т.Д.
Гапонов Ю.В.
Гапонова И.С.
Нехорошев Ю.С.
Семенов С.В.

Компьютерная вёрстка — Оводов Б.И.

Фотоматериалы предоставлены
Юрием Александровичем Тумановым

Подписано в печать 30.04.2003 Формат 70x100/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 26
Тираж 2000 экз.
Заказ № 7980

Издательство по атомной науке и технике ИздАТ
Международной Ассоциации Союзов «Чернобыль-Атом»
123182 Москва, ул. Живописная д. 46, тел. 190 9079

Электронный вывод и печать в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6